

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Рассматриваются теоретические методы и программные способы автоматизированного проектирования и расчета схем электрических цепей. Описана реализация модифицированного метода узловых напряжений (MNA) для анализа цепей, а также алгоритмы визуализации топологий.

Введение

Проектирование электронных систем требует эффективных инструментов моделирования. Для автоматизации анализа электрических цепей предлагается использовать программный комплекс, объединяющий матрично-топологические методы описания схем с модифицированным методом узловых потенциалов.

I. Матрично-топологические методы

Для формализации структуры цепи используется теория графов. Состояние цепи описывается узловой матрицей $[A]$, где строки соответствуют узлам, а столбцы – ветвям.

Для полной характеристики топологии выбирается дерево графа, количество ветвей которого равно $y - 1$ (где y – число узлов). На основе выбранного дерева формируются матрица главных контуров $[K]$ и матрица сечений $[Q]$. Это позволяет автоматизировать запись законов Кирхгофа в матричном виде [1]:

$$[A][I] = 0, [K][U] = 0. \quad (1)$$

II. Реализация метода MNA

Классический метод узловых потенциалов обладает топологическим ограничением: он не позволяет напрямую включать в систему идеальные источники ЭДС, так как их проводимость бесконечна. В разработанной системе реализован модифицированный метод узловых потенциалов (MNA). Математическая модель формируется путем расширения вектора неизвестных: к потенциалам узлов ϕ добавляются токи I , протекающие через ветви с ЭДС. Итоговая система линейных алгебраических уравнений имеет вид:

$$\begin{bmatrix} G & B \\ B^T & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} \phi \\ I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I \\ E \end{bmatrix}, \quad (3)$$

=

$$\begin{bmatrix} I \\ E \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где G – матрица проводимостей, ϕ – вектор потенциалов, I – токи, протекающие через ветви, содержащие ЭДС, а блоки B и D описывают топологию и параметры ветвей с источниками напряжения [2].

III. Алгоритмическая реализация

Программная реализация выполнена на языке Python с использованием библиотеки NumPy. Математическое ядро системы базируется на методе модифицированных узловых потенциалов (MNA), который позволяет эффективно рассчитывать цепи как постоянного, так и переменного тока в комплексной форме.

Графический модуль системы универсально обеспечивает адаптивную отрисовку схем любой сложности.

IV. Выводы

Разработанная САПР позволяет эффективно решать задачи анализа линейных электрических цепей. Для верификации расчетных модулей реализован генератор случайных топологий.

Использование комплексных чисел в режиме АС-анализа позволяет получать не только амплитудные, но и фазовые характеристики потенциалов в каждом узле.

Список литературы

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. Учеб. для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов – 9-е изд., перераб. и доп. / Л. А. Бессонов. – М.: Высш. шк., 1996. – 71 с.
2. Влах, И. Машинные методы анализа и проектирования электронных схем. / И. Влах, К. Сингхал. – М.: Москва, "Радио и связь" 1988. – 115 с.

Фурс Иван Александрович, студент 2 курса факультета информационных технологий и управления Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, meotheemperor@gmail.com.

Рогаль Алексей Сергеевич, студент 2 курса факультета информационных технологий и управления Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, rogalaleksej@gmail.com.

Научный руководитель: Шилин Леонид Юрьевич, профессор кафедры информационных технологий автоматизированных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор технических наук, shilin@bsuir.by.