УДК 621.3.011.7

РАСЧЕТ ГЛАВНОГО ОПРЕДЕЛИТЕЛЯ ФОРМУЛЫ МЭЗОНА ПО ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕ РЕЗИСТИВНЫХ КОНТУРОВ

Д.С. Шимук
(Харьковский университет Воздушных Сил)

Описана подпрограмма расчета элементов главного определителя формулы Мэзона для определения коэффициентов передачи электрической цепи.

главный определитель, формула Мэзона, коэффициент передачи, электрическая цепь

Постановка проблемы. Получение дифференциальных уравнений состояния электрических цепей весьма трудоемко из-за необходимости матричного преобразования исходных систем уравнений цепи [1]. Применение топологической формулы Мэзона позволяет избежать этого недостатка, но ее использование при расчете сложных цепей затруднено из-за риска ошибок при определении всех систем касания контуров графа схемы [2]. Поэтому представляется актуальным разработка принципов создания алгоритмов расчета значений элементов матриц уравнений состояния по формуле Мэзона.

Анализ последних исследований и публикаций. В [1] приведена обобщенная структура описания вентильных цепей уравнениями состояния и содержится необходимость решения указанной выше проблемы. Статьи [3, 4] претендуют на получение универсального рекуррентного решения задачи анализа цепей. В [5] для описания электрической цепи используется топологическая матрица, которая, благодаря предложенной автором структуре, позволяет не только определить элементы (передачи путей и контуров) формулы Мэзона, а и установить систему их взаимодействия в смысле касания. Свойства указанной матрицы позволяют на основе [6] сформировать алгоритм непосредственного вычисления по ней знаменателя формулы Мэзона.

Цель статьи состоит в том, чтобы на основе полученных в [5] свойств субматрицы собственных контуров сформировать MathCAD-подпрограмму вычисления знаменателя формулы Мэзона.

Свойства субматрицы собственных контуров $\mathbf{F_{RR}}$ размерностью [m × n] (где m ≠ n) топологической матрицы цепи, согласно [5], следующие:

1) число ненулевых элементов субматрицы $\mathbf{F_{RR}}$ равно числу собственных контуров основного графа;

2) собственные контуры, передачи которых расположены в одной строке (столбце), являются касающимися, поскольку они сформированы одной связью (ветвью), хотя и разными ветвями (связями);

3) собственные контуры, передачи которых расположены в разных строках и разных столбцах, являются некасающимися, поскольку они сформированы разными связями и разными ветвями.

MathCAD-подпрограмма вычисления знаменателя формулы Мэзона. Выражение для знаменателя формулы Мэзона Δ согласно [2] имеет вид:

$$\Delta = 1 - \sum_{\rho} L_{\rho}^{(1)} + \sum_{\rho} L_{\rho}^{(2)} - \sum_{\rho} L_{\rho}^{(3)} + \sum_{\rho} L_{\rho}^{(4)} - \ldots \quad , \qquad (1)$$

где $\sum_{\rho} L_{\rho}^{(1)}$ – сумма передач всех контуров графа цепи; $\sum_{\rho} L_{\rho}^{(2)}$, $\sum_{\rho} L_{\rho}^{(3)}$, $\sum_{\rho} L_{\rho}^{(4)} \ldots$ – соответственно суммы произведений передач всех пар, троек, четверок и т.д. некасающихся контуров графа цепи.

Для расчета (1) в субматрице $\mathbf{F_{RR}}$ заменим все ее ненулевые элементы $f_{RR(i,j)}$ частным от деления значения сопротивления резистора R_i, именующего соответствующую строку субматрицы $\mathbf{F_{RR}}$ на значение сопротивления резистора R_i, именующего соответствующий столбец субматрицы $\mathbf{F_{RR}}$.

Проиллюстрируем применение свойств субматрицы собственных контуров на примере приведенной на рис. 1 MathCAD-подпрограммы Δ3(**A**) для расчета суммы произведений троек некасающихся контуров.

Подпрограмма содержит шесть вложенных циклов, реализующих выбор троек контуров $A_{i1,j1}$, $A_{i2,j2}$, $A_{i3,j3}$. Для исключения совпадения номеров строк для разных контуров диапазоны их размещения по строкам в матрице **A** смещены на единицу друг относительно друга. Так, первые контуры размещены в строках i1 матрицы **A** с номерами от 0 до rows(A) – 3, вторые контуры – в строках i2 с номерами от 1 до rows(A) – 2, третьи контуры – в строках i3 с номерами от 2 до rows(A) – 1. Для исключения суммирования произведения передач контуров из одного столбца проверяется выполнение условия $(j1 = j2) \vee (j2 = j3) \vee (j1 = j3)$, невыполнение которого разрешает суммирование произведений передач выбранных контуров.

Результаты расчета представлены в виде вектора, значение первого элемента которого равно числу троек некасающихся контуров, а второго – значению произведений их передач. Числовой пример применения MathCAD-подпрограммы Δ3(**A**) к матрице **B** приведен на рис. 1.

Выводы: 1. Установленные в [5] свойства субматрицы собственных контуров позволяют непосредственно создавать MathCAD-подпрограммы для расчета знаменателя формулы Мэзона.

2. Принципы создания подпрограммы $\Delta 3(\mathbf{A})$ могут быть использованы в качестве основы для создания подпрограмм для расчета сумм произведений иного количества (двоек, четверок и т.д.) некасающихся контуров.

$$
S3(A) := \left|\begin{array}{l}
S \leftarrow 0 \\
k \leftarrow 0 \\
\text{for } \ i1 \in 0..\,\text{rows}(A) - 3 \\
\quad \text{for } \ j1 \in 0..\,\text{cols}(A) - 1 \\
\quad\quad \text{for } \ i2 \in i1 + 1..\,\text{rows}(A) - 2 \\
\quad\quad\quad \text{for } \ j2 \in 0..\,\text{cols}(A) - 1 \\
\quad\quad\quad\quad \text{for } \ i3 \in i2 + 1..\,\text{rows}(A) - 1 \\
\quad\quad\quad\quad\quad \text{for } \ j3 \in 0..\,\text{cols}(A) - 1 \\
\quad\quad\quad\quad\quad\quad \left|\begin{array}{l}
KP \leftarrow \left(A_{i1,\,j1} \cdot A_{i2,\,j2} \cdot A_{i3,\,j3}\right) \\
KP \leftarrow KP \cdot 0 \ \text{ if } \ (j1 = j2) \vee (j1 = j3) \vee (j2 = j3) \\
k \leftarrow k + 1 \ \text{ if } \ KP \neq 0 \\
S \leftarrow S + KP
\end{array}\right. \\
\begin{pmatrix} k \\ S \end{pmatrix}
\end{array}\right.
\qquad
B := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 3 & 0 \\ 4 & 5 & 0 \\ 0 & 6 & 7 \\ 8 & 0 & 9 \end{pmatrix}
\quad
S3(B) = \begin{pmatrix} 15 \\ 1.334 \times 10^{3} \end{pmatrix}
$$

Рис. 1. MathCAD-подпрограмма $\Delta 3(\mathbf{A})$ для расчета суммы произведений троек некасающихся контуров и результат ее применения к матрице **B**

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вентильные преобразователи переменной структуры / В.Е. Тонкаль, В.С. Руденко, В.Я. Жуйков и др.: Отв. ред. А.К. Шидловский; АН УССР, Ин-т электродинамики. – К.: Наук. думка, 1989. – 336 с.*
2. *Основы теории цепей / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин и др. – М.: Энергия, 1975. – 752 с.*
3. *Тимкин Ю.В. Рекуррентные формулы передаточных функций линейной пассивной полной электрической цепи // Электричество. – 1991. – № 1. – С. 47 – 53.*
4. *Тимкин Ю.В. Рекуррентные формулы передаточных функций полной активной линейной электрической цепи // Электричество. – 1998. – № 6. – С. 54 – 60.*
5. *Шимук Д.С. Усовершенствованный топологический метод расчета электрических цепей // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип. 3 (9). – С. 107 – 111.*
6. *Гурский Д.А. Вычисления в MathCAD. – Минск: Новое знание, 2003.– 814 с.*

Поступила 25.04.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор Б.Ф. Самойленко, Харьковский университет Воздушных Сил.