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 $[m \times n]$ (где $m \neq n$) 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 $\Delta 3(\mathbf{A})$ 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 $\Delta 3(\mathbf{A})$ 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 $\Delta3(\mathbf{A})$ могут быть использованы в качестве основы для создания подпрограмм для расчета сумм произведений иного количества (двоек, четверок и т.д.) некасающихся контуров.

```
S3(A) := | S ← 0
         | k ← 0
         | for  i1 ∈ 0.. rows(A) − 3
         |   for  j1 ∈ 0.. cols(A) − 1
         |     for  i2 ∈ i1 + 1.. rows(A) − 2
         |       for  j2 ∈ 0.. cols(A) − 1
         |         for  i3 ∈ i2 + 1.. rows(A) − 1
         |           for  j3 ∈ 0.. cols(A) − 1
         |             | KP ← (A[i1,j1]·A[i2,j2]·A[i3,j3])
         |             | KP ← KP·0  if  (j1 = j2) ∨ (j1 = j3) ∨ (j2 = j3)
         |             | k ← k + 1  if  KP ≠ 0
         |             | S ← S + KP
         | (k)
         | (S)
```

$$B := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 3 & 0 \\ 4 & 5 & 0 \\ 0 & 6 & 7 \\ 8 & 0 & 9 \end{pmatrix} \quad S3(B) = \begin{pmatrix} 15 \\ 1.334 \times 10^{3} \end{pmatrix}$$

Рис. 1. MathCAD-подпрограмма $\Delta3(\mathbf{A})$ 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.