

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНВЕЄРУ СТРУМУ ЧЕРЕЗ ВИМІРЮВАННЯ ЙОГО Y-ПАРАМЕТРІВ

Філінюк М. А., д.т.н., проф.; Чехмestрук Р. Ю., аспірант;

Стахов В. П., аспірант

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

В даний час ведуться дослідження з розробки та застосування конвеєрів струму II-го покоління (КС2) [1], які по ряду параметрів дозволяють вирішувати задачі недоступні для певних підсилювачів. При цьому різними схемотехнічними рішеннями прагнуть забезпечити отримання ідеальних параметрів КС2, описуваних системою рівнянь[2]:

$$\begin{bmatrix} i_Y \\ U_X \\ i_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & \pm 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_Y \\ i_X \\ U_Z \end{bmatrix}. \quad (1)$$

У реального конвеєра струму, елементи квадратичної матриці в рівнянні (1) відрізняються від «0» або «1», можуть бути як безрозмірні так і мати розмірність опору або провідності. При їх вимірюванні потрібно одночасно здійснювати режими КЗ або ХХ відносно ряду полюсів. На низьких частотах це не викликає труднощів, однак вже на частотах вище 300 МГц похибка вимірювання у- і Z-параметрів перевищує 20% [3]. Використання методу «плаваючою навантаження» дозволяє до частоти 10ГГц проводити вимірювання у-параметрів з похибкою, яка не перевищує 10-15% [4].

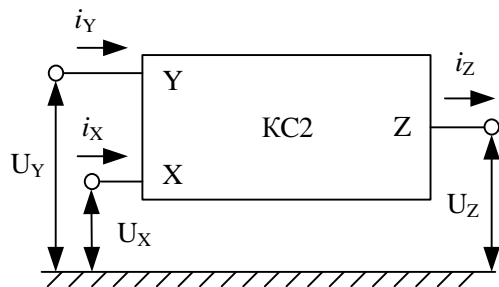


Рисунок 1. Узагальнена схема конвеєра струму II-го покоління

Установлена аналітична залежність між параметрами змішаної квадратичної матриці (1) і матриці провідності конвеєра струму. Конвеєр струму (рис. 1) можна розглядати як незалежний трьохполюсник зв'язок між струмами i_Y, i_X, i_Z гілок і напругами U_Y, U_X, U_Z між полюсами і спільною шиною описуються системою рівнянь:

$$\begin{cases} i_Y = y_{11}U_Y + y_{12}U_X + y_{13}U_Z \\ i_X = y_{21}U_Y + y_{22}U_X + y_{23}U_Z, \\ i_Z = y_{31}U_Y + y_{32}U_X + y_{33}U_Z \end{cases} \quad (2)$$

де $y_{11}, y_{12}, y_{13}, y_{21}, y_{22}, y_{23}, y_{31}, y_{32}, y_{33}$ — параметри невизначеною матриці провідності конвеєра струму, які рівні:

$$\begin{aligned}
 y_{11} &= \frac{i_Y}{U_Y}(U_X = 0, U_Z = 0); & y_{12} &= \frac{i_Y}{U_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & y_{13} &= \frac{i_Y}{U_Z}(U_Y = 0, U_X = 0); \\
 y_{21} &= \frac{i_X}{U_Y}(U_X = 0, U_Z = 0); & y_{22} &= \frac{i_X}{U_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & y_{23} &= \frac{i_X}{U_Z}(U_Y = 0, U_X = 0); \\
 y_{31} &= \frac{i_Z}{U_Y}(U_X = 0, U_Z = 0); & y_{32} &= \frac{i_Z}{U_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & y_{33} &= \frac{i_Z}{U_Z}(U_Y = 0, U_X = 0).
 \end{aligned}$$

Для реального конвеєра струму система рівнянь, що встановлює зв'язок між струмами гілок і напругами полюсів буде відрізнятися від системи (1). У загальному випадку її можна представити у вигляді:

$$\begin{cases} i_Y = a_{11}U_Y + a_{12}i_X + a_{13}U_Z \\ U_X = a_{21}U_Y + a_{22}i_X + a_{23}U_Z, \\ i_Z = a_{31}U_Y + a_{32}i_X + a_{33}U_Z \end{cases} \quad (3)$$

де:

$$\begin{aligned}
 a_{11} &= \frac{i_Y}{U_Y}(i_X = 0, U_Z = 0); & a_{12} &= \frac{i_Y}{i_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & a_{13} &= \frac{i_Y}{U_Z}(U_Y = 0, i_X = 0); \\
 a_{21} &= \frac{U_X}{U_Y}(i_X = 0, U_Z = 0); & a_{22} &= \frac{U_X}{i_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & a_{23} &= \frac{U_X}{U_Z}(U_Y = 0, i_X = 0); \\
 a_{31} &= \frac{i_Z}{U_Y}(i_X = 0, U_Z = 0); & a_{32} &= \frac{i_Z}{i_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & a_{33} &= \frac{i_Z}{U_Z}(U_Y = 0, i_X = 0).
 \end{aligned}$$

Вирішуючи системи рівнянь (2) і (4), знаходимо:

$$\begin{aligned}
 a_{11} &= y_{11} - \frac{y_{12}y_{21}}{y_{22}}; & a_{12} &= \frac{y_{12}}{y_{22}}; & a_{13} &= y_{13} - \frac{y_{12}y_{23}}{y_{22}}; \\
 a_{21} &= \frac{y_{21}}{y_{22}}; & a_{22} &= \frac{1}{y_{22}}; & a_{23} &= -\frac{y_{23}}{y_{22}}; \\
 a_{31} &= y_{31} - \frac{y_{32}y_{21}}{y_{22}}; & a_{32} &= \frac{y_{32}}{y_{22}}; & a_{33} &= \frac{y_{32}(y_{33} - y_{23})}{y_{22}}.
 \end{aligned} \quad (4)$$

З (4) випливає, що для знаходження параметрів змішаної квадратичної матриці реального конвеєра струму необхідно провести вимірювання дев'яти комплексних у-параметрів його невизначеної матриці провідності.

У загальному випадку для знаходження у-параметрів невизначеною матриці трьохполюсника необхідно здійснювати вимірювання у-параметрів 3-х чотиріполюсників створених конвеєром струму при заземленому одному з його електродів, як показано на рис. 2. Однак, враховуючи властивість невизначеною матриці провідності [5]:

$$\sum_{S=1}^m y_{SK} = 0 \quad (K = 1, 2 \dots m), \quad \sum_{K=1}^m y_{SK} = 0 \quad (S = 1, 2 \dots m), \quad (5)$$

де m — розмірність матриці, для знаходження матриці y -параметрів достатньо провести вимірювання y -параметрів квадратичної матриці однієї з можливих схем включення конвеєра струму.

Вибір схеми включення визначається конструктивними особливостями схеми конвеєра струму та вимірювальної установки, яка використовується для вимірювання y -параметрів чотириполосника. Наприклад, при використанні схеми рис. 2в, вимірюємо: $y_{11}, y_{12}, y_{21}, y_{22}$. Інші параметри невизначеної y -матриці визначаємо з урахуванням (5).

На низьких частотах (до 300 МГц) вимірювання $y_{11}, y_{12}, y_{21}, y_{22}$ можливо здійснювати методом короткого замикання [3]. На більш високих частотах, внаслідок великої похибки вимірювань, рекомендується використовувати метод плаваючого імпеданса [4].

Перелік посилань

1. Smith K. The Current Conveyor - a new circuit building block / K. Smith A. Sedra // IEEE Proc. , vol. 56, pp. 1368 - 1369, 1968.
2. Tripathi Nikhita, Design of an Amplifier through Second Generation Current Conveyor / N. Tripathi, N.Saxena, S. Soni // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Vol. 4, Issue 5, pp. 1325-1330, 2013.
3. Dye Norman Radio Frequency Transistors / Norman Dye, Helge Granberg. – Oxford.: Elsevier Science & Technology, 2010. – 320 с.
4. Ліщинська Л.Б. Удосконалений метод "плаваючого навантаження" вимірювання параметрів імпедансної матриці чотириполосника / Л.Б. Ліщинська // Вимірювальна техніка та метрологія : міжвід. наук.-техн. зб. - 2011. - Вип. 72. - С. 153.
5. Wai-Kai Chen. Fundamentals of circuits and filters / Wai-Kai Cheh. – New York: CRC Press, 2009. – 918 p

Анотація

Запропонована методика визначення елементів змішаної квадратичної матриці конвеєра струму другого покоління за допомогою його y -параметрів. Подані аналітичні залежності між елементами матриці конвеєра струму та його y -параметрів. Обґрунтована методика вимірювання y -параметрів. Проведені експериментальні дослідження.

Ключові слова: конвеєр струму, змішана квадратична матриця, y -параметри, метод плаваючого імпедансу.

Аннотация

Предложена методика определения элементов смешанной квадратичной матрицы конвейера тока второго поколения с помощью его y -параметров. Представленные аналитические зависимости между элементами матрицы конвейера тока и его y -параметров. Обоснована методика измерения y -параметров. Проведенные экспериментальные исследования.

Ключевые слова: конвейер тока, смешанная квадратичная матрица, y -параметры, метод плавающего импеданса.

Abstract

The technique of determining the elements of the mixed quadratic matrix of second-generation current conveyor through its y -parameters. Presented analytical dependencies between the elements of the matrix current conveyor and its y -parameters. The technique of measuring the y -parameters. An experiment was conducted.

Keywords: current conveyor, mixed quadratic matrix, y -parameters method floating impedance.