

**РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА РАДІОЕЛЕКТРОННЕ АПАРАТОБУДУВАННЯ**

УДК 621.37

**М. А. Філінюк<sup>1</sup>**  
**Л. Б. Ліщинська<sup>2</sup>**  
**Р. Ю. Чехместрук<sup>1</sup>**

## **АНАЛІТИЧНА ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЖ ПАРАМЕТРАМИ КОНВЕЄРА СТРУМУ II-ГО ПОКОЛІННЯ ТА ЙОГО У-ПАРАМЕТРАМИ**

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет;  
<sup>2</sup>Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ

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

**Ключові слова:** конвеєр струму, змішана квадратична матриця, у-параметри, метод плаваючого імітансу.

### **Вступ**

Наразі ведуться дослідження з розробки та застосування конвеєрів струму II-го покоління (КС2) [1], які за низкою параметрів дозволяють розв'язувати 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), що відрізняються від «0» або «1», можуть бути як безрозмірні так і мати розмірність опору або провідності. Вимірюючи їх, потрібно одночасно здійснювати режими КЗ або ХХ стосовно 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 10 ГГц проводити вимірювання у-параметрів з похибкою, яка не перевищує 10—15 % [4].

Тому в діапазоні високих і надвисоких частот доцільно перейти від вимірювання параметрів змішаної квадратичної матриці в рівнянні (1) до вимірювання, наприклад його у-параметрів з подальшим їх перерахуванням в параметри конвеєра струму. При цьому виникає проблема встановлення аналітичного зв'язку між параметрами конвеєра струму і його у-параметрами.

*Метою роботи є встановлення аналітичної залежності між параметрами конвеєра струму другого покоління і його у-параметрами.*

Для досягнення цієї мети вирішуються такі завдання:

1. Отримання аналітичного зв'язку між параметрами змішаної квадратичної матриці, що характеризує конвеєр струму і його у-параметрами;
2. Обґрунтування методики вимірювання у-параметрів конвеєра струму;
3. Експериментальна перевірка теоретичних результатів.

### Аналітична залежність між параметрами змішаної квадратичної матриці і матриці провідності конвеєра струму

Конвеєр струму (рис. 1) можна розглядати як незалежний триполюсник, зв'язок між струмами  $i_Y, i_X, i_Z$  гілок і напругами  $U_Y, U_X, U_Z$  між полюсами і спільною шиною якого 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 невизначеної матриці провідності конвеєра струму.

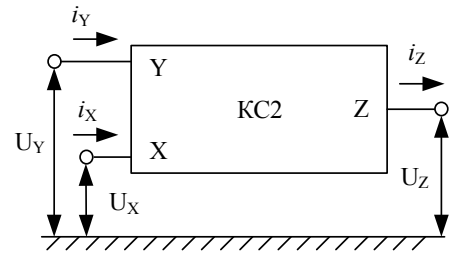


Рис. 1. Узагальнена схема конвеєра струму II-го покоління

$$\begin{aligned} y_{11} &= \frac{i_Y}{U_Y}(U_X = 0, U_Z = 0); & y_{12} &= \frac{i_Y}{U_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & y_{13} &= \frac{i_Y}{U_Z}(U_Y = 0, U_X = 0); \\ y_{21} &= \frac{i_X}{U_Y}(U_X = 0, U_Z = 0); & y_{22} &= \frac{i_X}{U_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & y_{23} &= \frac{i_X}{U_Z}(U_Y = 0, U_X = 0); \\ y_{31} &= \frac{i_Z}{U_Y}(U_X = 0, U_Z = 0); & y_{32} &= \frac{i_Z}{U_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & y_{33} &= \frac{i_Z}{U_Z}(U_Y = 0, U_X = 0). \end{aligned} \quad (3)$$

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 такому вигляді:

$$\begin{cases} i_Y = a_{11}U_Y + a_{12}i_X + a_{13}U_Z; \\ U_X = a_{21}U_Y + a_{22}i_X + a_{23}U_Z; \\ i_Z = a_{31}U_Y + a_{32}i_X + a_{33}U_Z, \end{cases} \quad (4)$$

де:

$$\begin{aligned} a_{11} &= \frac{i_Y}{U_Y}(i_X = 0, U_Z = 0); & a_{12} &= \frac{i_Y}{i_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & a_{13} &= \frac{i_Y}{U_Z}(U_Y = 0, i_X = 0); \\ a_{21} &= \frac{U_X}{U_Y}(i_X = 0, U_Z = 0); & a_{22} &= \frac{U_X}{i_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & a_{23} &= \frac{U_X}{U_Z}(U_Y = 0, i_X = 0); \\ a_{31} &= \frac{i_Z}{U_Y}(i_X = 0, U_Z = 0); & a_{32} &= \frac{i_Z}{i_X}(U_Y = 0, U_Z = 0); & a_{33} &= \frac{i_Z}{U_Z}(U_Y = 0, i_X = 0). \end{aligned} \quad (5)$$

Розв'язуючи системи рівнянь (2) і (4), з урахуванням (3) і (5), знаходимо:

$$\begin{aligned} a_{11} &= y_{11} - \frac{y_{12}y_{21}}{y_{22}}; & a_{12} &= \frac{y_{12}}{y_{22}}; & a_{13} &= y_{13} - \frac{y_{12}y_{23}}{y_{22}}; \\ a_{21} &= \frac{y_{21}}{y_{22}}; & a_{22} &= \frac{1}{y_{22}}; & a_{23} &= -\frac{y_{23}}{y_{22}}; \\ a_{31} &= y_{31} - \frac{y_{32}y_{21}}{y_{22}}; & a_{32} &= \frac{y_{32}}{y_{22}}; & a_{33} &= \frac{y_{32}(y_{33} - y_{23})}{y_{22}}. \end{aligned} \quad (6)$$

З (6) випливає, що для знаходження параметрів змішаної квадратичної матриці реального конвеєра струму необхідно провести вимірювання дев'яти комплексних у-параметрів його невизначеної матриці провідності.

### Обґрунтування методики вимірювання

У загальному випадку для знаходження у-параметрів невизначеної матриці триполюсника необхідно здійснювати вимірювання у-параметрів трьох чотириполюсників, створених конвеєром струму при заземленому одному з його електродів, як показано на рис. 2. Однак, враховуючи влас-

тивість невизначеної матриці провідності [5]:

$$\sum_{S=1}^m y_{SK} = 0 \quad (K = 1, 2 \dots m); \quad \sum_{K=1}^m y_{SK} = 0 \quad (S = 1, 2 \dots m), \quad (7)$$

де  $m$  — розмірність матриці, для знаходження матриці  $y$ -параметрів достатньо провести вимірювання  $y$ -параметрів квадратичної матриці однієї з можливих схем включення конвеєра струму (рис. 2).

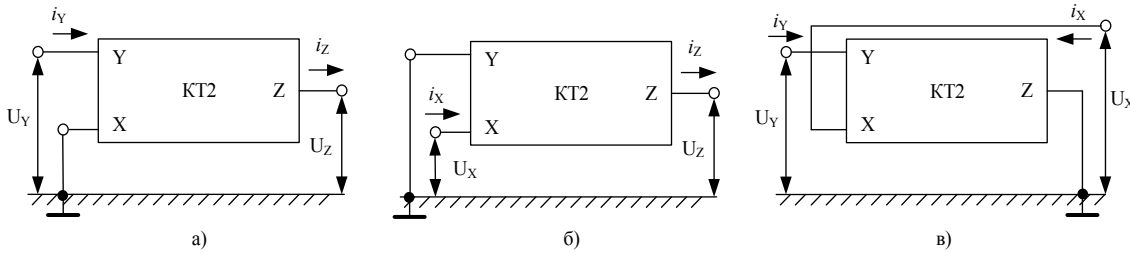


Рис. 2. Схеми включення конвеєра струму як чотириполюсника

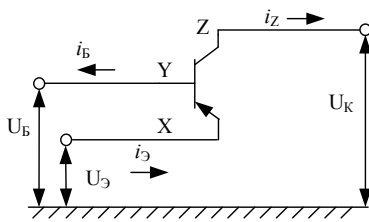
Вибір схеми включення визначається конструктивними особливостями схеми конвеєра струму та вимірювальної установки, яка використовується для вимірювання  $y$ -параметрів чотириполюсника.

Наприклад, використовуючи схему рис. 2в, вимірюємо:  $y_{11}, y_{12}, y_{21}, y_{22}$ . Інші параметри невизначеної  $y$ -матриці, з урахуванням (7), будуть рівні:

$$y_{31} = -(y_{11} + y_{12}); \quad y_{23} = -(y_{21} + y_{22}); \quad y_{31} = -(y_{11} + y_{21}); \quad y_{32} = -(y_{12} + y_{22}); \quad y_{33} = -(y_{13} + y_{23}). \quad (8)$$

На низьких частотах (до 300 МГц) вимірювання  $y_{11}, y_{12}, y_{21}, y_{22}$  можна здійснювати методом короткого замикання [3]. На вищих частотах, внаслідок великої похибки вимірювань, а також можливої потенційної нестійкості чотириполюсника на основі конвеєра струму, рекомендується використовувати метод плаваючого іммітанса [4].

**Експериментальна перевірка методики**



Для експериментальної перевірки запропонованої методики використаний найпростіший однострижковий конвеєр струму, реалізований на біполярному транзисторі (рис. 3) з допущенням що:

$$i_Y = i_B \approx 0, \quad i_X = i_E, \quad i_Z = i_K;$$

$$U_X = U_Y, \quad U_E \approx U_B;$$

$$i_Z = \pm i_X, \quad i_K = \pm i_E.$$

Рис. 3. Високочастотна схема однострижкового конвеєра струму на біполярному транзисторі

Для транзистора КТ3115, його виміряні  $y$ -параметри в схемі зі спільним колектором в частотному діапазоні від 0,1 до 1 ГГц наведені у табл. 1.

Таблиця 1

**Експериментальні значення  $y$ -параметрів транзистора КТ3115 в схемі зі спільним колектором**

$f, \text{ ГГц}$	$y_{11}/100, \text{ Ом}^{-1}$	$y_{12}/100, \text{ Ом}^{-1}$	$y_{21}/100, \text{ Ом}^{-1}$	$y_{22}/100, \text{ Ом}^{-1}$
0,1	$-0,0658 + j0,1649$	$0,0667 - j0,1552$	$-4,4567 - j7,2567$	$4,4457 + j7,263$
0,2	$-0,1131 + j0,4744$	$0,1141 - j0,4549$	$-11,3008 - j7,5854$	$11,2731 + j7,6162$
0,3	$-0,0263 + j0,8281$	$0,0280 - j0,7985$	$-15,3454 - j4,3812$	$15,3084 + j4,445$
0,4	$0,1725 + j1,1394$	$-0,1699 - j1,0998$	$-16,8643 - j0,6547$	$16,8249 + j0,7529$
0,5	$0,4415 + j1,3771$	$-0,4375 - j1,3278$	$-16,8673 + j2,6447$	$16,8296 - j2,5133$
0,6	$0,7463 + j1,5345$	$-0,7408 - j1,4757$	$-16,0175 + j5,3215$	$15,984 - j5,1585$
0,7	$1,0612 + j1,6147$	$-1,054 - j1,5466$	$-14,7053 + j7,3886$	$14,6774 - j7,1957$
0,8	$1,3670 + j1,6264$	$-1,3581 - j1,5492$	$-13,168 + j8,9142$	$13,1465 - j8,6926$
0,9	$1,6502 - j1,5807$	$-1,6395 - j1,4946$	$-11,5553 + j9,9789$	$11,5408 - j9,7299$
1	$1,9021 - j1,4897$	$-1,8898 - j1,3948$	$-9,9626 + j10,6629$	$9,9556 - j10,3874$

Знаходимо відсутні  $u$ -параметри невизначеної матриці провідності конвеєра струму (табл. 2), використовуючи дані табл. 1, за допомогою виразів (8).

Таблиця 2

Розрахункові значення  $u$ -параметрів невизначеної  $u$ -матриці транзистора КТ3115

$f, \Gamma\text{Ц}$	$y_{13} \cdot 10^{-4}, \text{Ом}^{-1}$	$y_{23} \cdot 10^{-4}, \text{Ом}^{-1}$	$y_{32}, \text{Ом}^{-1}$	$y_{33} \cdot 10^{-4}, \text{Ом}^{-1}$	$y_{31}, \text{Ом}^{-1}$
0,1	$-0,09 - j0,97$	$1,1 - j0,61$	$-0,0451 - j0,0711$	$-1,01 + j1,6$	$0,0452 + j0,0709$
0,2	$-0,1 - j1,95$	$2,77 - j3,08$	$-0,1139 - j0,0716$	$-2,67 + j5,03$	$0,1141 + j0,0711$
0,3	$-0,17 - j2,96$	$3,7 - j6,38$	$-0,1534 - j0,0365$	$-3,53 + j9,34$	$0,1537 + j0,0355$
0	$-0,26 - j3,96$	$3,94 - j9,82$	$-0,1665 + j0,003469$	$-3,68 + j13,78$	$0,16699 - j0,004847$
0,5	$-0,4 - j4,91$	$3,77 - j1,314$	$-0,1639 + j0,0384$	$-3,37 + j18,07$	$0,1643 - j0,0402$
0,6	$-0,55 - j5,88$	$3,35 - j1,63$	$-0,1524 + j0,0663$	$-2,8 + j22,18$	$0,1527 - j0,0686$
0,7	$-0,72 - j6,81$	$2,79 - j1,929$	$-0,1362 - j0,0874j$	$-2,07 + j26,1$	$0,1364 - j0,09$
0,8	$-0,89 - j7,72$	$2,15 - j2,216$	$-0,1179 + j0,1024$	$1,26 + j29,88$	$0,118 - j0,1054$
0,9	$-1,07 - j8,61$	$1,45 - j2,49$	$-0,099 + j0,1122$	$-0,38 + j33,51$	$0,0991 - j0,1556$
1	$-1,23 - j9,57$	$0,72 - j2,755$	$-0,0807 + j0,1178$	$0,51 + j3,712$	$0,0806 - j0,1215$

Підставляючи отримані значення в (6), знаходимо реальні параметри одностранісного конвеєра струму на біполярному транзисторі, які зображені на рис. 4 у вигляді годографів в частотно-мному діапазоні.

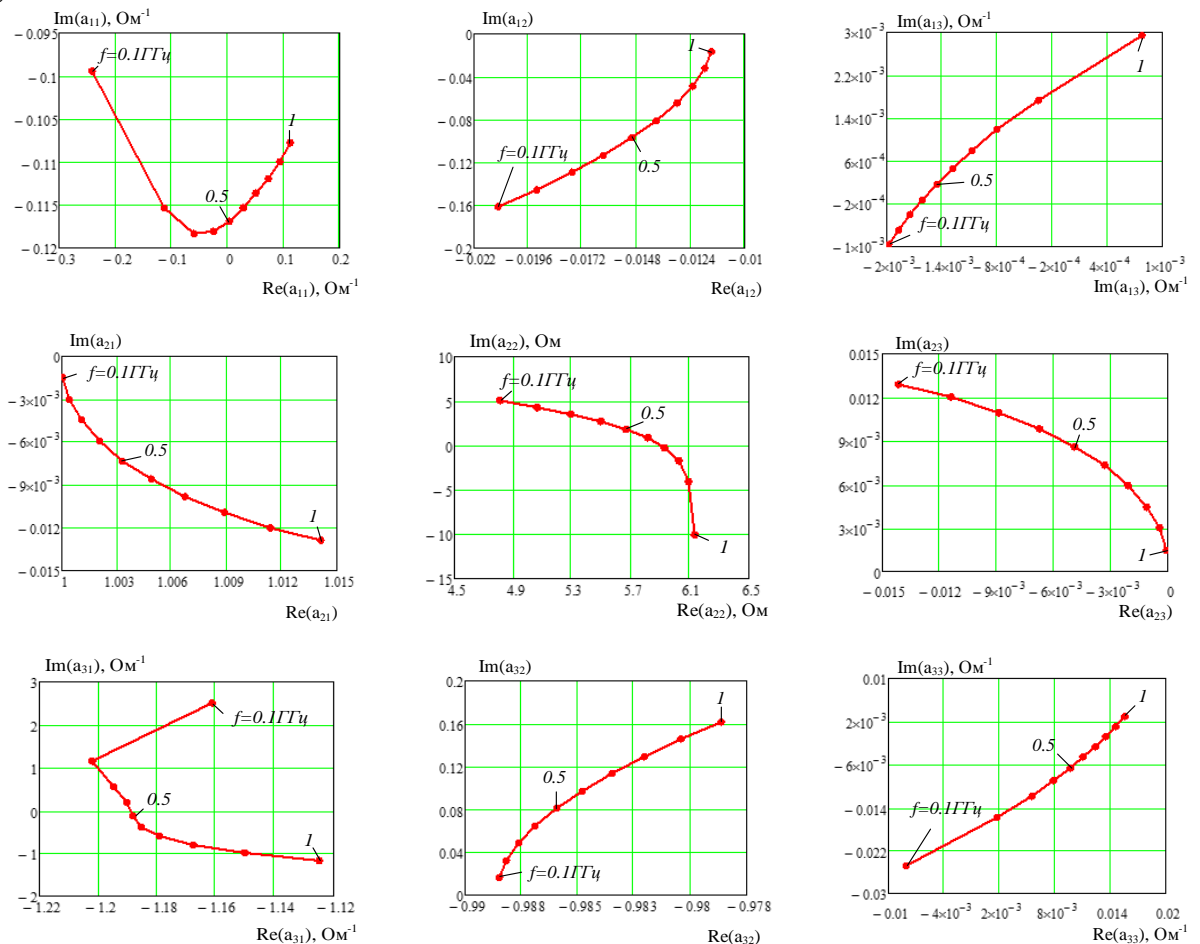


Рис. 4. Частотні залежності елементів змішаної квадратичної матриці КС2 на біполярному транзисторі КТ3115

Порівнюючи дійсну частину отриманих параметрів з параметрами (1) ідеального конвеєра струму бачимо, що елемент матриці  $a_{11}$ , який еквівалентний входній провідності найточніше збігається з ідеальним параметром КС2 на частоті 0,5 ГГц, і рівний в цьому випадку 0. Елемент  $a_{12}$  не

збігається з ідеальним значенням в частотному діапазоні, але наближається до нього на нижчих частотах. Елемент  $a_{13}$  набуває значення  $10^{-4}$ , тому можна вважати його рівним 0, що відповідає ідеальному значенню параметра конвеєра струму, згідно з (1). Параметр  $a_{21}$  — це коефіцієнт підсилення за напругою, він у всьому частотному діапазоні приблизно рівний 1, що відповідає ідеальному варіанту.  $a_{22}$  — вихідний опір, він більший за ідеальний параметр на 4 одиниці, що пов'язано з паразитними явищами. Параметр  $a_{23}$  кількісно збігається з ідеальним. Найгірший збіг виявляється при розрахунку  $a_{31}$ , але на більш високих частотах можна наблизити його до 0, як має бути в ідеалі. Коефіцієнт підсилення за струмом, який відповідає параметру  $a_{32}$ , приймає значення  $-0,99\dots-0,97$ , що свідчить про кількісний збіг з ідеальним випадком. Параметр  $a_{33}$  збігається з ідеальним значенням цього параметра системи (1). Уявну складову параметрів у більшості випадків можна вважати нульовою, тільки параметри  $a_{22}$  та  $a_{31}$  набувають значення від  $-15\dots10$  та  $-2\dots3$ , відповідно.

Для детальнішого дослідження методики проведена оцінка параметрів конвеєра струму на польовому транзисторі. Вибраний транзистор BF545A, включений за схемою зі спільним стоком має такі у-параметри, які подані у табл. 3.

Таблиця 3

Експериментальні значення у-параметрів транзистора BF545A в схемі зі спільним стоком

$f$ , ГГц	$y_{11} \cdot 10^{-3}$ , Ом $^{-1}$	$y_{12} \cdot 10^{-3}$ , Ом $^{-1}$	$y_{21} \cdot 10^{-3}$ , Ом $^{-1}$	$y_{22} \cdot 10^{-3}$ , Ом $^{-1}$
0,1	$0,00703 + j1,52$	$-0,0046 - j1,03$	$-2,859 - j0,994$	$3,21 + j1,01$
0,2	$0,042 + j3,04$	$-0,034 - j2,06$	$-2,89 - j1,99$	$3,24 + j1,98$
0,3	$0,1 + j4,56$	$-0,081 - j3,09$	$-2,94 - j2,99$	$3,28 + j2,98$
0,4	$0,182 + j6,07$	$-0,147 - j4,12$	$-2,99 - j3,98$	$3,35 + j3,97$
0,5	$0,287 + j7,59$	$-0,232 - j5,15$	$-3,07 - j4,96$	$3,43 + j4,95$
0,6	$0,415 + j9,1$	$-0,335 - j6,16$	$-3,18 - j5,95$	$3,53 + j5,94$
0,7	$0,564 + j10,59$	$-457 - j7,17$	$-3,29 - j6,92$	$3,64 + j6,91$
0,8	$0,74 + j12,11$	$-0,599 - j8,19$	$-3,43 - j7,9$	$3,78 + j7,89$
0,9	$0,936 + j13,61$	$-0,761 - j9,21$	$-3,58 - j8,88$	$3,93 + j8,87$
1	$1,149 + j15,06$	$-0,936 - j10,21$	$-3,75 - j9,83$	$4,1 + j9,82$

Використовуючи (8), розраховані інші у-параметри KC2 на польовому транзисторі.

Таблиця 4

Розрахункові значення у-параметрів невизначеної матриці транзистора BF545A

$f$ , ГГц	$y_{13} \cdot 10^{-4}$ , Ом $^{-1}$	$y_{23} \cdot 10^{-4}$ , Ом $^{-1}$	$y_{32} \cdot 10^{-4}$ , Ом $^{-1}$	$y_{33} \cdot 10^{-4}$ , Ом $^{-1}$	$y_{31} \cdot 10^{-3}$ , Ом $^{-1}$
0,1	$-0,0243 - j4,9$	$-3,51 - j0,16$	$-32,054 + j0,2$	$3,534 + j5,06$	$2,852 - j0,526$
0,2	$-0,08 - j9,8$	$-3,5 + j0,1$	$-32,06 + j0,7$	$3,58 + j9,8$	$2,848 - j1,05$
0,3	$-0,19 - j14,7$	$-3,4 + j0,1$	$-31,99 + j1,1$	$3,59 + j14,7$	$2,84 - j1,58$
0	$-0,35 - j19,5$	$-3,6 - j0,1$	$-32003 + j1,5$	$3,95 + j19,5$	$2,808 - j2,1$
0,5	$-0,55 - j24,4$	$-3,5 - j0,01$	$-31,98 + j2$	$4,05 + j24,3$	$2,793 - j2,63$
0,6	$-0,8 - j29,4$	$-3,5 - j0,1$	$-31,95 + j2,2$	$4,3 + j29,4$	$2,726 - j3,68$
0,7	$-1,07 - j34,2$	$-3,5 - j1,929$	$-31,83 + j2,6$	$4,57 + j34,2$	$2,69 - j4,21$
0,8	$-1,41 - j39,2$	$-3,5 - j0,1$	$-31,81 + j3$	$4,91 + j39,1$	$2,644 - j4,74$
0,9	$-1,85 - j44$	$-3,5 - j0,01$	$-31,69 + j3,4$	$5,25 + j44$	$2,601 - j5,24$
1	$-2,13 - j48,5$	$-3,5 - j0,1$	$-31,64 + j3,9$	$5,63 + j48,5$	$2,84 - j1,58$

Підставляючи отримані значення в (6), знайдені реальні параметри одностранісного конвеєра струму на польовому транзисторі, які зображені на рис. 6 у вигляді годографів в частотному діапазоні.

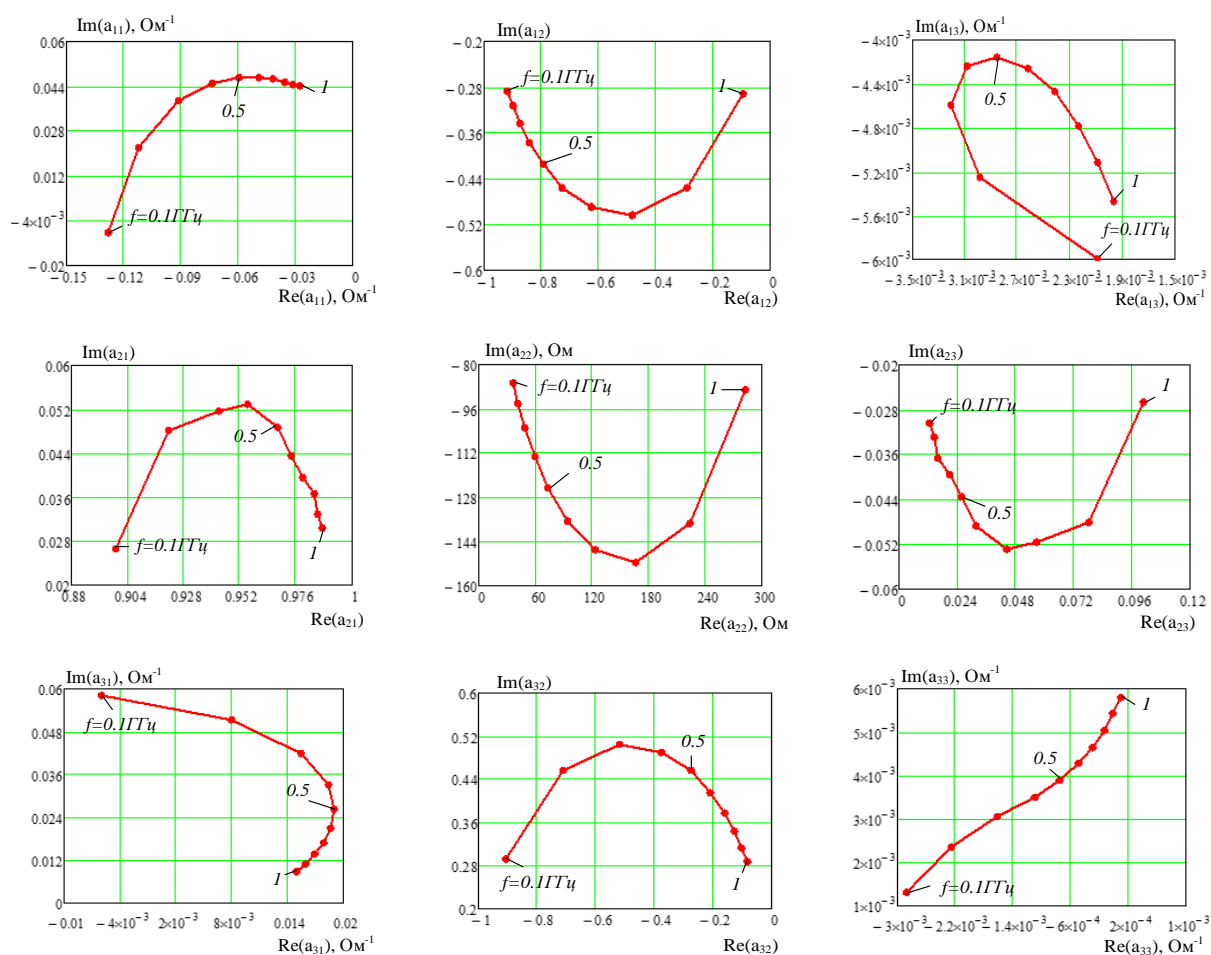


Рис. 6. Частотні залежності елементів змішаної квадратичної матриці КС2 на польовому транзисторі BF545A

Порівнюючи активну складову отриманих параметрів конвеєра струму на польовому транзисторі з його ідеальними параметрами видно, що елемент матриці  $a_{11}$ , еквівалентний вхідній провідності, наближується до 0 на частотах вище 1 ГГц. Елемент  $a_{12}$  наближується до ідеального значення на частотах, менших 100 МГц. Значення елемента  $a_{13}$  складає одиниці мСм, тому можна вважати його рівним 0, що відповідає ідеальному значенню параметра конвеєра струму, згідно з (1).  $a_{21}$  — коефіцієнт підсилення за напругою, у всьому частотному діапазоні змінюється в межах від 0,88 до 1, що відповідає ідеальному варіанту.  $a_{22}$  — вихідний опір, він більший за ідеальний параметр на 200—300 одиниці, що пов'язано з фізичними властивостями польового транзистора. Параметр  $a_{23}$  наближується до ідеального значення на частотах менших 100 МГц.

Розрахунок  $a_{31}$  показав, що цей параметр наближується до 0 на частотах 200...300 МГц. Коефіцієнт підсилення за струмом  $a_{32}$  набуває значення  $-0,9$  на частоті 100 МГц та  $-0,1$  на частоті 1 ГГц. Параметр  $a_{33}$  у всьому частотному діапазоні достатньою мірою збігається з ідеальним параметром системи (1). Реактивна складова для параметрів  $a_{11}$ ,  $a_{13}$ ,  $a_{21}$ ,  $a_{23}$ ,  $a_{31}$ ,  $a_{33}$  наближується до нуля. Для параметрів  $a_{12}$ ,  $a_{31}$  вона складає  $\pm 0,2 \dots 0,6$ . Уявна частина параметра  $a_{22}$  змінюється в межах  $-160 \dots -80$ , що значно більше ніж у біполярного транзистора.

## Висновки

1. Проведена оцінка параметрів конвеєра струму другого покоління. Отримано аналітичні залежності між елементами змішаної квадратичної матриці КС2 та його у-параметрами. Обґрунтована методика вимірювання у-параметрів КС2. Проведені експериментальні дослідження запропонованої методики, які показали кількісні збіги з ідеальним випадком, як для реалізації КС2 на біполярному транзисторі КТ3115, так і на польовому транзисторі BF545A.

2. Активна складова параметрів конвеєра струму на польовому транзисторі має більшу кількість збігів у розрахунку елементів квадратичної матриці в порівнянні з реалізацією конвеєра на біполярному транзисторі. Але біполярний транзистор має значно менші показники реактивної

складової для восьми із дев'яти параметрів. Реалізація конвеєра струму на біполярному транзисторі вигідна, коли необхідно забезпечити високий коефіцієнт підсилення за струмом на НВЧ, за необхідності забезпечення малого вихідного опору та для досягнення майже нульової вхідної провідності в діапазоні 0,4...0,6 ГГц.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Smith K. The Current Conveyor — a new circuit building block / K. Smith, A. Sedra // IEEE Proc. — 1968. — Vol. 56, Pp. 1368—1369.
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). — 2013. — Vol. 4, Issue 5. Pp. 1325—1330.
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 імітансної 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.

Рекомендована кафедрою комп'ютерної та телекомунікаційної апаратури ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 4.11.2014

**Філінюк Микола Антонович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерної та телекомунікаційної апаратури;

**Чехмestрук Роман Юрійович** — аспірант кафедри комп'ютерної та телекомунікаційної апаратури, e-mail: chehroma@yandex.ru.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

**Ліщинська Людмила Броніславівна** — д-р техн. наук, доцент, завідувач кафедри економічної кібернетики та інформаційних систем.

Вінницький торговельно-економічний інститут, Київського національного торговельно-економічного університету, Вінниця

**M. A. Filyniuk<sup>1</sup>**  
**L. B. Lishchynska<sup>2</sup>**  
**R. Yu. Chekhmestruk<sup>1</sup>**

## Analytical dependence between the parameters of second generation current conveyor and its $y$ -parameters

<sup>1</sup> Vinnytsia National Technical University;

<sup>2</sup> Vinnytsia Institute of Trade and Economic KNUTE

*The technique of determining the elements of the mixed quadratic matrix of second-generation current conveyor through its  $y$ -parameters is suggested in the paper. Analytical dependencies between the elements of the matrix current conveyor and its  $y$ -parameters are presented. The technique of measuring the  $y$ -parameters is substantiated. An experiment research is conducted.*

Keywords: current conveyor, mixed quadratic matrix,  $y$ -parameters, method of floating immitance.

**Filyniuk Mykola A.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head the Chair of Computer and Telecommunication Equipment;

**Lishchynska Liudmyla B.** — Dr. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Head the Chair of Economic Cybernetics and Information Systems;

**Chekhmestruk Roman Yu.** — Post-Graduate Student of the Chair of Computer and Telecommunication Equipment, email: chehroma@yandex.ru

**Н. А. Филинюк**<sup>1</sup>  
**Л. Б. Лищинская**<sup>2</sup>  
**Р. Ю. Чехместрук**<sup>1</sup>

## **Аналитическая зависимость между параметрами конвейера тока II-го поколения и его у-параметрами**

<sup>1</sup> Винницкий национальный технический университет;

<sup>2</sup> Винницкий торгово-экономический институт КНТЭУ

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

**Ключевые слова:** конвейер тока, смешанная квадратичная матрица, у-параметры, метод плавающего иммитанса.

**Филинюк Николай Антонович** — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой проектирования компьютерной и телекоммуникационной аппаратуры;

**Лищинская Людмила Брониславовна** — д-р техн. наук, доцент, заведующая кафедрой экономической кибернетики и информационных систем;

**Чехместрук Роман Юревич** — аспирант кафедры проектирования компьютерной и телекоммуникационной аппаратуры, email: chehroma@yandex.ru