

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОГО БАГАТОКАСКАДНОГО УЗАГАЛЬНЕНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ІМІТАНСУ

Ліщинська Л. Б., д.т.н., проф.; Ткачук Я. С., аспірант;
Бондарюк Д. В., аспірант

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Багатопараметричні узагальнені перетворювачі імпедансу ($УПН$) добре зарекомендували себе при побудові інформаційних пристроїв [1]. Особливий інтерес становить при їх реалізації використання багатокаскадних $УПН$. Але, питання чутливості таких $УПН$, їх частотні властивості є недостатньо дослідженими або розглянуті лише частково. Тому метою роботи є аналітичний опис основних параметрів багатопараметричних $УПН$, визначення залежності їх перетвореної провідності як від кількості каскадів N , так і від параметрів кожного окремого каскаду. Для досягнення поставленої мети в роботі розроблена математична модель багатопараметричного $УПН$ на основі N -каскадного з'єднання трьохелектродних уніполярних напівпровідникових структур та оцінена її адекватність.

Найпростішим багатопараметричним $УПН$ є $УПН$ на базі триполюсника. Для розробки математичної моделі багатопараметричного багатокаскадного $УПН$, у якості граничних умов вважаємо: $УПН$ реалізується на базі квазілінійних активних триполюсників [2], які описуються y -матрицею провідності; кожний каскад багатопараметричного $УПН$ є двопараметричним заземленим $УПН$; двополюсники, що реалізують перетворені імпеданси $W_{Гі}$ є пасивними; вхідний W_{11} та вихідний W_{22} імпеданси кожного каскаду багатопараметричного $УПН$ мають значення дійсної складової більше нуля, а передатні імпеданси $W_{12} \neq 0$ та $W_{21} \neq 0$.

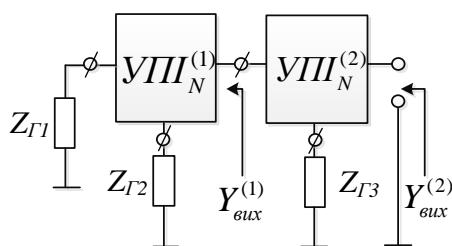


Рисунок 1. Структурна схема двокаскадного трипараметричного $УПН$

використовуючи співвідношення [3]

$$Y_{11}^i = (y_{11}^i + Z_i \Delta y_i) / K_i, \quad Y_{12}^i = (y_{12}^i - Z_i \Delta y_i) / K_i,$$

$$Y_{21}^i = (y_{21}^i - Z_i \Delta y_i) / K_i, \quad Y_{22}^i = (y_{22}^i + Z_i \Delta y_i) / K_i,$$

Для $УПН$, незалежно від кількості каскадів, алгоритм побудови математичної моделі однаковий. Для спрощення розуміння розробимо математичну модель для двокаскадного трипараметричного $УПН$, структурна схема якого наведена на рис.1. Кожний каскад такого з'єднання можна описати $[Y_i]$ — матрицею, залежною від параметрів $[y_i]$ — матриці активного чотириполюсника і перетворених імпедансів $Z_{(i-1)}$ і Z_i , вико-

де $K_i = 1 + Z_i \sum y_i$; $\sum y_i = y_{11}^i + y_{12}^i + y_{21}^i + y_{22}^i$; $\Delta y_i = y_{11}^i \cdot y_{22}^i - y_{21}^i \cdot y_{12}^i$.

Результуюча адмітансна матриця двокаскадного трипараметричного УПН знаходиться шляхом переходу від системи Y -параметрів до A -параметрів передачі, використовуючи загальновідомі формули переходу [4]:

$$[A_\Sigma] = \begin{bmatrix} A_{11\Sigma} & A_{12\Sigma} \\ A_{21\Sigma} & A_{22\Sigma} \end{bmatrix} = [A^{(1)}] \times [A^{(2)}] = \begin{bmatrix} \frac{\Delta Y^{(2)} + Y_{12}^{(1)} \cdot Y_{12}^{(2)}}{Y_{21}^{(1)} \cdot Y_{21}^{(2)}} & \frac{Y_{12}^{(1)} + Y_{11}^{(2)}}{Y_{21}^{(1)} \cdot Y_{21}^{(2)}} \\ \frac{\Delta Y^{(2)} \cdot Y_{11}^{(1)} + \Delta Y^{(1)} \cdot Y_{12}^{(2)}}{Y_{21}^{(1)} \cdot Y_{21}^{(2)}} & \frac{\Delta Y^{(1)} + Y_{11}^{(1)} \cdot Y_{11}^{(2)}}{Y_{21}^{(1)} \cdot Y_{21}^{(2)}} \end{bmatrix}.$$

Використовуючи зворотні перетворення, переходимо до адмітансної матриці двокаскадного трипараметричного УПН

$$[Y_\Sigma] = \begin{bmatrix} Y_{11\Sigma} & Y_{12\Sigma} \\ Y_{21\Sigma} & Y_{22\Sigma} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta Y^{(1)} + Y_{11}^{(1)} \cdot Y_{11}^{(2)}}{Y_{12}^{(1)} + Y_{11}^{(2)}} - \frac{(\Delta Y^{(1)} - Y_{11}^{(1)} \cdot Y_{12}^{(1)}) \cdot (\Delta Y^{(2)} - Y_{11}^{(2)} \cdot Y_{12}^{(2)})}{Y_{21}^{(1)} \cdot Y_{21}^{(2)} \cdot (Y_{12}^{(1)} + Y_{11}^{(2)})} \\ -\frac{Y_{21}^{(1)} \cdot Y_{21}^{(2)}}{Y_{12}^{(1)} + Y_{11}^{(2)}} & \frac{\Delta Y^{(2)} + Y_{12}^{(1)} \cdot Y_{12}^{(2)}}{Y_{12}^{(1)} + Y_{11}^{(2)}} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Перетворені вихідні адмітанси кожного каскаду УПН визначаються виразами:

$$Y_{вих.2} = Y_{22}^{(2)} - \frac{Y_{12}^{(2)} Y_{21}^{(2)}}{Y_{11}^{(2)} + Y_{вих.1}}; \quad Y_{вих.1} = Y_{22}^{(1)} - \frac{Y_{12}^{(1)} Y_{21}^{(1)}}{Y_{11}^{(1)} + 1/Z_{Г1}}. \quad (2)$$

Аналітичні залежності (1) — (2) утворюють математичну модель багатопараметричного двокаскадного УПН, яка забезпечує розрахунок різних видів інформаційних пристроїв, утворюваних каскадним з'єднанням трьо-хполосників.

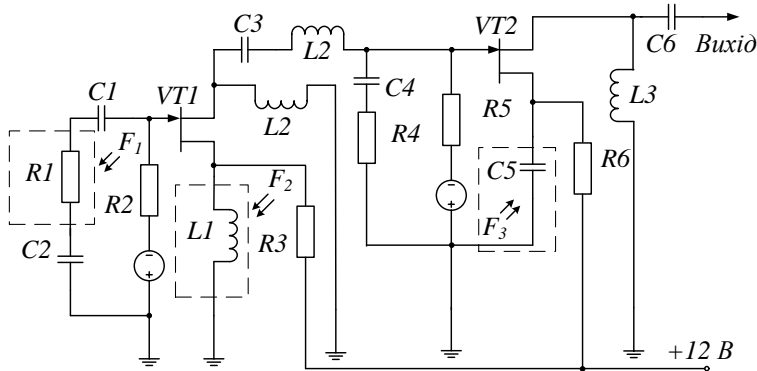


Рисунок 2. Електрична принципова схема трипараметричного двокаскадного УПН

трипараметричного двокаскадного УПН утворена на основі 2-х каскадів багатопараметричних УПН, у яких в якості базових триполосників використані польові транзистори VT1 типу NE4210S01 та VT2 типу BF513, включені по схемі зі спільним стоком. В коло затвору транзистора VT1 включений резистивний ПВП $Z_{Г1} = R_1$; в коло стоку цього транзистора ввімкнений індуктивний ПВП $Z_{Г2} = j\omega L_1$; у коло стоку транзистора VT2 включений ємнісний ПВП $Z_{Г3} = 1/j\omega C_5$. Результати імітаційного

Перевірка коректності математичної моделі проведена з використанням розробленої в [5] схеми трипараметричного двокаскадного УПН (рис. 2), шляхом зіставлення результатів розрахунку та імітаційного моделювання. Схема

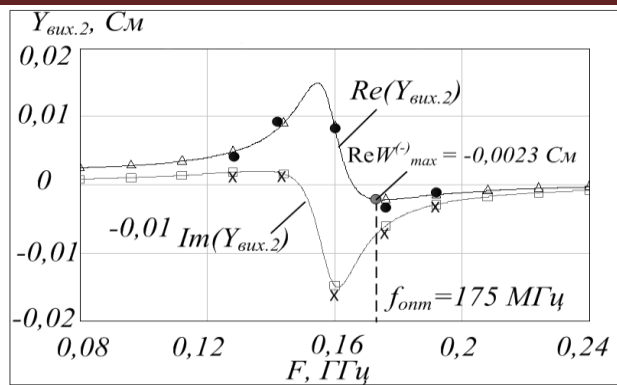


Рисунок 3. Частотні залежності перетвореної провідності $Y_{вих.2}$: «—» — моделювання; «××××», «••••» — розрахункові точки

моделювання та розрахунку частотних залежностей перетвореної провідності $Y_{ПН}$ наведено на рис. 3. Розбіжності їх значень в діапазоні частот (0,1 – 0,2) ГГц не перевищує 0,5 %, що вказує на доцільність використання розробленої моделі для розрахунку різних видів інформаційних пристроїв.

Перелік посилань

1. Ліщинська Л. Б. Інформаційні пристрої на основі багатопараметричних узагальнених перетворювачів імітансу: монографія. / Л. Б. Ліщинська. — Вінниця: ВНТУ, 2013. — 219 с.
2. Філінюк М. А. LC-негатрони та їх застосування: монографія. / М. А. Філінюк, О. О. Лазарев, О. В. Войцеховська. — Вінниця: ВНТУ, 2012. — 308 с.
3. Ліщинська Л. Б. Багатопараметричні узагальнені перетворювачі імітансу на основі однокристальних напівпровідникових структур: монографія. / Л. Б. Ліщинська. — Вінниця: ВНТУ, 2012. — 244 с.
4. Фельдштейн А. Л. Синтез чотирьохполюсників и восьмиполусников на СВЧ / А. Л. Фельдштейн, Л. Р. Явич. — М.: Связь, 1971. — 388 с.
5. Лишинская Л. Б. Трёхпараметрический генераторный датчик / Л. Б. Лишинская, Н. А. Филинюк, Я. С. Ткачук, О. О. Лазарев // Научно-технический журнал "Технология и конструирование в электронной аппаратуре". — Одесса: ОНПУ, 2014 р. — Вип. 4

Анотація

В роботі розроблено математичну модель багатопараметричного багатокаскадного УПІ. Перевірка адекватності моделі продемонструвала коректність і доцільність її використання для розрахунку різних видів інформаційних пристроїв.

Ключові слова: математична модель, багатопараметричний узагальнений перетворювач імітансу, інформаційний пристрій.

Аннотация

В работе разработана математическая модель многопараметрического многокаскадного ОПИ. Проверка адекватности модели продемонстрировала корректность и целесообразность её использования для расчёта разных видов информационных устройств.

Ключевые слова: математическая модель, многопараметрический обобщённый преобразователь иммитанса, информационное устройство.

Abstract

In this paper we develop a mathematical model of multi-parameter GIC. Verification of the model adequacy has shown that it is correct and can be used for the calculation of various types of information devices.

Keywords: mathematical model, multi-parameter generalized immittance converter, information device.