

СИНТЕЗ ТАБЛИЦЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ІМІТАНСУ ДВОПАРАМЕТРИЧНИХ УПП НА ОСНОВІ ОДНОПЕРЕХІДНОЇ ТРАНЗИСТОРНОЇ СТРУКТУРИ

Л.Б. Ліщинська, канд. техн. наук, доцент;

М.В. Барабан, аспірант,

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Проведено синтез таблиць перетворення імітансу двопараметричних УПП на основі одноперехідної транзисторної структури.

Ключові слова: *таблиця перетворення імітансу, одноперехідна транзисторна структура, двопараметричний узагальнений перетворювач імітансу.*

Проведен синтез таблиць преобразования иммитанса двухпараметрических ОПИ на базе однопереходной транзисторной структуры.

Ключевые слова: *таблица преобразования иммитанса, однопереходная транзисторная структура, двухпараметрический обобщенный преобразователь иммитанса.*

ВСТУП

Таблиця перетворення імітансу є формою показу якісних показників та зміни функцій перетворення узагальнених перетворювачів імітансу (УПП). Синтез таблиць перетворення імітансу дозволяє вирішити інженерні задачі, які найчастіше не мають числових рішень. Методика синтезу таблиць перетворення імітансу на основі однопараметричних УПП обґрунтована у праці [1]. Основою цієї праці є використання концепції “нечіткого імітансу” [2]. Ідея якої полягає у використанні не кількісних значень імітансу: одиниць опору або провідності, а тільки їх якісних показників. Використання таблиці перетворення імітансу для аналізу властивостей інжекційно-пролітної транзисторної структури наведено у праці [3]. Недоліком результатів отриманих у [1, с.3] є подання транзисторної структури у вигляді однопараметричного УПП, в якому перетворений імітанс є функцією імітансу тільки одного параметра, що обмежує можливі варіанти синтезу інформаційних пристроїв. Розширити кількість синтезованих пристроїв можна шляхом використанням двопараметричних УПП [4].

Одноперехідна транзисторна структура (ОТС) являє собою кристал з двома омичними контактами і затвору працюючого в режимі прямого зміщення, що призводить до зміни коефіцієнта передачі за струмом β_0 у діапазоні $\beta_0 > 1$, < 1 . Тому актуальною є завдання синтезу таблиць перетворення імітансу двопараметричних УПП на основі такої одноперехідної транзисторної структури.

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є синтез таблиць перетворення імітансу двопараметричних УПП на основі одноперехідної транзисторної структури. Виходячи з цього, необхідно вирішити такі завдання:

1. Отримати аналітичні вирази для залежності перетвореного імітансу $W_{вих}$ від перетворюючих імітансів $W_{Г1}$ і $W_{Г2}$ (рис. 1а).

2. Розробити таблиці перетворення імітансу двопараметричних УПП на основі одноперехідної транзисторної структури.

3. Дослідити значення вихідної провідності двопараметричних УПІ від частоти та імітансів навантаження, з метою визначення граничних умов застосування розроблених таблиць перетворення імітансу.

СИНТЕЗ ТАБЛИЦЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ІМІТАНСУ

Для побудови таблиць перетворення імітансу використовуємо двопараметричні УПІ_N на основі одноперехідної транзисторної структури включеної зі спільним витоком, стоком та емітером з двома імітансами навантаження Y_1 і Z_2 (рис. 1)

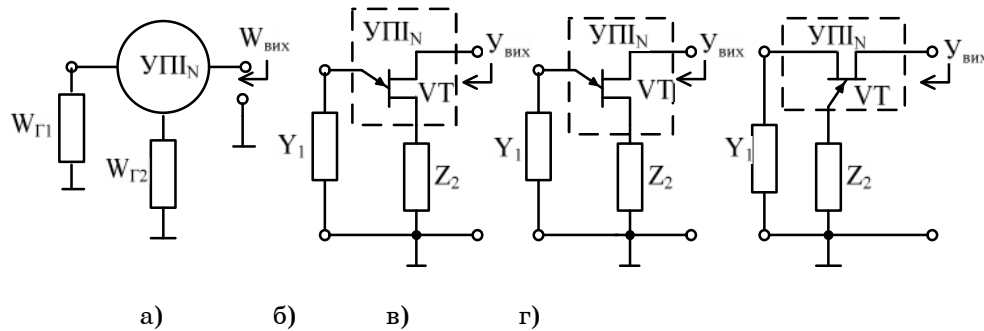


Рисунок 1 – Схеми включення двопараметричного УПІ_N на основі ОТС:
а) узагальнена схема, б) з загальним витоком, в) з загальним стоком, г) з загальним емітером

Розглянемо 2 параметричний УПІ_N як чотириполосника, описаний у матрицею провідності перетворюючої провідності Y_1 у вихідну провідність $Y_{вих}$, коли в колі загальної шини ввімкнено перетворюючий повний опір Z_2 . У цьому випадку вихідна провідність двопараметричного УПІ визначається виразом [5]:

$$Y_{вих} = \frac{1}{K} \left[Y_{22} + Z_2 \Delta Y - \frac{(Y_{12} - Z_2 \Delta Y)(Y_{21} - Z_2 \Delta Y)}{Y_{11} + Z_2 \Delta Y + K Y_1} \right], \quad (1)$$

де $K = 1 + Z_2 \Sigma Y$, $\Sigma Y = Y_{11} + Y_{12} + Y_{21} + Y_{22}$, ΔY – визначник матриці провідності; $\Delta Y = Y_{11} Y_{22} - Y_{12} Y_{21}$, Y_{11} , Y_{12} , Y_{21} , Y_{22} – параметри матриці провідності залежного чотириполосника, створеного з використанням триполосника, зі спільним для входу і виходу електродом при $Z_2=0$.

Використовуючи фізичну еквівалентну схему ОТС, невизначену матрицю ОТС записуємо у вигляді

$$[Y] = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Z_{\sigma 1} + R_{\sigma 2}}{\Delta} & \frac{-R_{\sigma 2}}{\Delta} & \frac{-Z_{\sigma 1}}{\Delta} \\ \frac{-R_{\sigma 2} - \beta Z_{\sigma 1}}{\Delta} & \frac{R_{\sigma 2} + Z_e}{\Delta} & \frac{-Z_e}{\Delta} \\ \frac{-Z_{\sigma 1}(1 - \beta)}{\Delta} & \frac{\beta Z_{\sigma 1} - Z_e}{\Delta} & \frac{Z_{\sigma 1}(1 - \beta) + Z_e}{\Delta} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

де $R_{\sigma 2}$ – опір каналу між емітером і стоком; Z_e – повний опір емітерного переходу; β – коефіцієнт передачі транзистора по струму; $Z_{\sigma 1} = 1/j\omega C_{\sigma 1}$ – ємнісний опір між витоком і емітером, коли $R_{\sigma 1} \ll |1/\omega C_{\sigma 1}|$ $\Delta = Z_e R_{\sigma 2} + Z_{\sigma 1} Z_e + Z_{\sigma 1} R_{\sigma 2} (1 - \beta)$, $R_{\sigma 2}$ – омичний опір каналу між емітером і витоком.

Використовуючи для β однополюсну апроксимацію $\beta = \beta_0 / (1 + j\Omega_\beta)$ і перетворюючи матрицю (2), знаходимо елементи матриці провідності чотириполюсників на основі ОТС, включеної по схемі зі спільним емітером, стоком і витоком. Підставивши їх у (1), отримуємо аналітичні вирази для перетвореної провідності трьох видів УПП_N:

– для УПП_N із загальним витоком:

$$Y_{\text{вих}} = \frac{1}{K} \left[\frac{Z_{\sigma 1}(1 - \beta) + Z_e + Z_2 \Delta Y}{\Delta} - \frac{\left(-\frac{Z_{\sigma 1}}{\Delta} - Z_2 \Delta Y\right) \left(\frac{-Z_{\sigma 1}(1 - \beta)}{\Delta} - Z_2 Y\right)}{\frac{Z_{\sigma 1} + R_{\sigma 2}}{\Delta} + Z_2 \Delta Y + KY_1} \right] \quad (3)$$

– для УПП_N із загальним стоком:

$$Y_{\text{вих}} = \frac{1}{K} \left[\frac{R_{\sigma 2} + Z_e + Z_2 \Delta Y}{\Delta} - \frac{\left(-\frac{R_{\sigma 2}}{\Delta} - Z_2 \Delta Y\right) \left(\frac{-R_{\sigma 2} - \beta Z_{\sigma 1}}{\Delta} - Z_2 Y\right)}{\frac{Z_{\sigma 1} + R_{\sigma 2}}{\Delta} + Z_2 \Delta Y + KY_1} \right] \quad (4)$$

– для УПП_N із загальним емітером:

$$Y_{\text{вих}} = \frac{1}{K} \left[\frac{Z_e + R_{\sigma 2} + Z_2 \Delta Y}{\Delta} - \frac{\left(-\frac{Z_e}{\Delta} - Z_2 \Delta Y\right) \left(\frac{Z_{\sigma 1} \beta - Z_e}{\Delta} - Z_2 Y\right)}{\frac{Z_e + Z_{\sigma 1}(1 - \beta)}{\Delta} + Z_2 \Delta Y + KY_1} \right]. \quad (5)$$

З метою підвищення достовірності результатів, синтез таблиць перетворення імітансів будемо вести для діапазону частот $\Omega_\beta < 0.2$, де – $\Omega_\beta = f/f_\beta$ – наведена гранична частота ОТС, що дозволяє зменшити вплив паразитної реактивності ОТС. При цьому враховуємо можливості роботи ОТС у двох режимах, коли $\beta_0 < 1$, і $\beta_0 > 1$.

Враховуючи, що перетворюючий імітанс може мати резистивний R , індуктивний L та ємнісний C характеру, і задаючи їх різні комбінації, з використанням (3-5) визначаємо характер перетвореної провідності $Y_{\text{вих}}$. Результати такого синтезу, подані у вигляді таблиць перетворення імітансу (табл. 1) для трьох видів двопараметричних УПП_N.

Аналіз отриманих таблиць перетворення імітансу свідчить про широкий діапазон перетворення імітансу, який може набувати як позитивного, так і від'ємного значення імітансу. Але в ряді випадків спостерігається неоднозначність отриманих результатів, що вимагає проведення додаткових досліджень щодо визначення обмежень на величину перетворюючих імітансів.

Таблиця 1 – Перетворення імпедансу двопараметричних УПІ

Y_1	Z_2	Увих ОТСВ			Увих ОТСС		Увих ОТСЕ	
		$\beta_0 < 1$	$\beta_0 > 1$	$\beta_0 < 1$	$\beta_0 > 1$	$\beta_0 < 1$	$\beta_0 > 1$	
R	R	$R > 0$ 	$R > 0,$ $R < 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$
	L	$R > 0,$ $R < 0$ 	$R > 0,$ $R < 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ $R < 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$
	Z	$\beta_0 < 1$	$\beta_0 > 1$	$\beta_0 < 1$				$\beta_0 < 1$
R	C	$R > 0,$ $R < 0$ 	$R > 0,$ $R < 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0,$ $R < 0$ 	$R < 0,$ $R > 0$ 	
	R	$R > 0$ 	$R > 0$ $R < 0$ 	$R > 0,$ $R < 0$ 	$R > 0$ $R < 0$ 	$R < 0$ 	$R > 0$ 	
C	L	$R > 0,$ $R < 0$ 	$R < 0$ $R > 0$ 	$R < 0,$ $R > 0$ 	$R < 0,$ $R > 0$ 	$R < 0$ 	$R > 0$ 	
	C	$R > 0,$ $R < 0$ 	$R > 0,$ $R < 0$ 	$R < 0,$ $R > 0$ 	$R < 0$ $R > 0$ 	$R < 0$ 	$R < 0,$ $R > 0$ 	
R		$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R < 0,$ $R > 0$ 	
L	L	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	
C		$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0$ 	$R > 0,$ $R < 0$ 	$R < 0,$ $R > 0$ 	

АНАЛІЗ ТАБЛИЦЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ІМІТАНСУ

Ціль аналізу полягає у встановленні граничних умов застосування таблиць перетворення імпедансу залежно від наведеної частоти Ω_β і величини перетворюючих імпедансів Y_1 і Z_2 . Ця процедура необхідна перш за все для варіантів комбінації перетворюючих навантажень, коли спостерігається неоднозначність у характері перетвореного імпедансу. Для розв'язання цієї задачі запропоновано використовувати числовий метод побудови тривимірної залежності перетвореної провідності $U_{вих}$, яка визначається виразами (3-5) залежно від величини перетворюючого імпедансу.

Як приклад на рис. 2 подані результати тривимірного моделювання $Y_{вих} = F(R_1, C_2)$ на частоті $\Omega_\beta = 0,2$ для УПН, реалізованого на ОТС із спільним емітером.

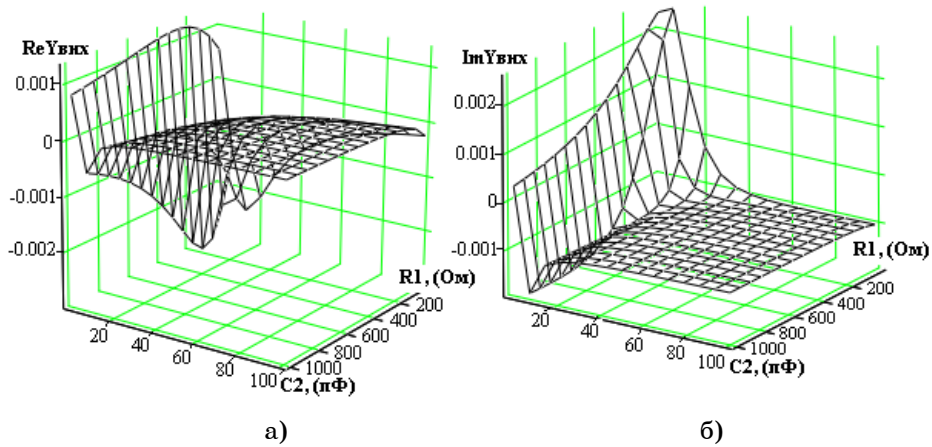


Рисунок 2 – Залежність дійсної (а) та уявної (б) складових вихідної провідності двопараметричного УПН на основі ОТС включеної за схемою зі спільним емітером від імітансу навантаження ємністю C_2 та опором R_1 при $\Omega_\beta = 0,2$

Як бачимо з рис. 2, ОТС включена за схемою зі спільним емітером при співвідношенні частот $\Omega_\beta = 0,2$ має додатний диференційний опір у діапазоні $C_2 = 0,1-2,8$ пФ та $R_1 = 1-1000$ Ом, і від’ємний диференційний опір у діапазонах $C_2 = 2,8-93$ пФ при $R_1 = 1-100$ Ом, та при збільшенні опорів навантаження від 100 до 1000 Ом, змінюючи діапазон ємності навантаження $C_2 = 2,8(3,7)-62(15)$ пФ. Уявна складова вихідної провідності має ємнісний характер при $C_2 = 0,1-4$ пФ для $R_1 = 500-1000$ Ом, $C_2 = 0,1-5$ пФ при $R_1 = 400-500$ Ом, $C_2 = 0,1-6$ пФ для $R_1 = 300$ Ом, $C_2 = 0,1-8$ пФ для $R_1 = 200$ Ом, $C_2 = 0,1-10$ пФ для $R_1 = 100$ Ом, починаючи з 100 Ом до 1 Ом верхня границя ємності навантаження збільшується до 20 пФ. Для перелічених опорів навантаження вихідна провідність володіє індуктивну складову, коли ємність перевищує верхню границю, тобто для $R_1 = 500-1000$ Ом $C_2 = 4-100$ пФ.

Вихідна провідність залежить не тільки від імітансу навантаження але й від частоти. Залежність вихідної провідності від частоти при зміні імітансу навантаження подана на рис. 3.

Двopараметричний УПН на основі ОТ зі спільним емітером при $\Omega_\beta = 0,2$ має від’ємний диференційний опір при значенні навантаження $R_2 = 1-100$ Ом при $C_1 = 5-100$ пФ, у різному діапазоні частот, найширший $\Omega_\beta = 0,1-0,7$ при $C_1 = 10$ пФ для значення $R_2 = 1$ Ом, найвужчий $\Omega_\beta = 0,1-0,25$ при $R_2 = 1$ Ом, $C_1 = 100$ пФ. Тобто зі збільшенням ємнісного навантаження змінюється діапазон з від’ємним диференційним опором. При значеннях опорів навантаження більше 100 Ом від’ємний диференційний опір зникає. Уявна складова вихідної провідності має чисто ємнісний характер в усьому діапазоні частот при значеннях $R_2 = 100-1000$ Ом, $C_1 = 1-3$ пФ. Індуктивний характер вихідної провідності в усьому діапазоні часто спостерігається при $R_2 = 200-1000$ Ом, $C_1 = 1-10$ пФ. При інших значеннях навантаження вихідний імітанс має як індуктивний, так і ємнісний опір у різних діапазонах частот.

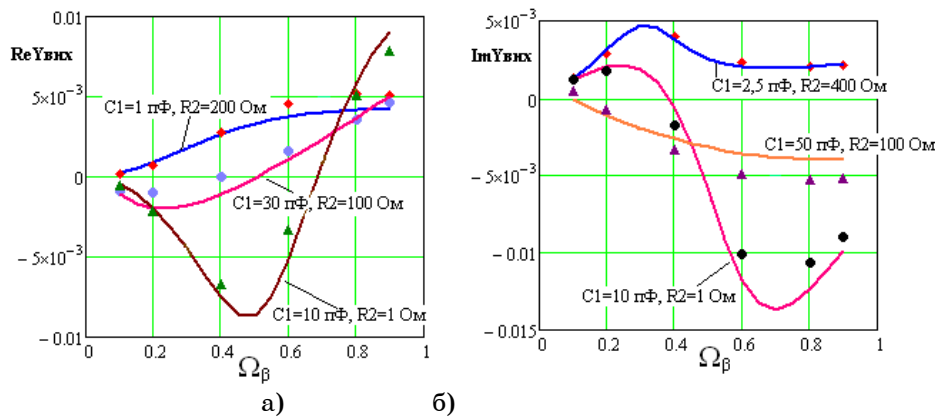


Рисунок 3 - Залежність дійсної (а) та уявної (б) складових вихідної провідності $Y_{вих}$ від частоти Ω_{β} , при різних значеннях імітансу навантаження; , , - експериментальні точки

З метою підтвердження коректності результатів чисельного моделювання, проведені експериментальні дослідження частотної залежності перетвореної провідності УПН для розглянутого варіанта. За ОТС використовувався кристал польового транзистора зі зміщеним у прямому напрямку р-п-переходом, при $U_{30}=0,1$ В, $I_C=10$ мА. Дослідження проводилися з використанням фазового вольтметра типу ФК2-12 за методикою, описаною в [5]. Результати досліджень, подані на рис. 3, показують, що до частоти $\leq 0,3$ розходження результатів натурних і чисельних досліджень не перевищує 10%. Але зі збільшенням частоти спостерігається збільшення похибок, що свідчить про необхідність використання тільки якісних характеристик.

ВИСНОВКИ

Отримано аналітичні вирази для перетвореного імітансу двопараметричних УПН на основі ОТС, які забезпечують 90% достовірність результатів синтезу таблиць перетворення імітансу до частоти $\leq 0,3$.

У ряді варіантів комбінації перетворюючого імітансу спостерігається неоднозначність характеру перетворюючого імітансу, яка на етапі параметричного синтезу інформаційних пристроїв на основі УПН повинна вилучатись шляхом чисельних досліджень тривимірного моделювання і частотного аналізу перетвореного імітансу.

SUMMARY

SYNTHESIS OF CONVRTION TABLES OF TWO-PARAMETRIC GIC IMMITANCE BASED ON UNIJUNCTION TRANSISTOR STRUCTURE

*L.B. Lishchynska, M.V. Baraban,
Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa*

A synthesis of twoparametric GIC immitance conversion tables based on unijunction transistor structure is suggested by the authors.

Key words: *immitance conversion table, unijunction transistor structure, two-parametric generalized immitance converter.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Филинюк Н.А. Активные СВЧ-фильтры на транзисторах / Н.А. Филинюк.- М.: Радио и связь, 1987. – 112 с.

2. Лицинская Л.Б. Обоснование концепции “нечеткого иммитанса”/ Л.Б. Лицинская // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2010.– № 1. – С. 20-25.
3. Ліцинська Л.Б. Узагальнені перетворювачі імітансу на основі інжекційно-пролітної транзисторної структури із загальним витоком / Ліцинська Л.Б., Булига І.В., Шведюк А.Г. , Філінюк М.А. // Наукові праці ВНТУ. – 2008. – № 2. – С. 1-18.
4. Ліцинська Л.Б. Застосування концепції “нечіткого імітансу” на етапі функціонального синтезу інформаційних пристроїв / Ліцинська Л.Б., Барабан М.В., Рожкова Я.С., Філінюк М.А. // Proceedings of the 7 International Conference IES-2010. – P. 368.
5. Філінюк М.А. Метрологічні основи негatronіки: монографія / М.А. Філінюк, Д.В. Гаврилов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 188 с.

Надійшла до редакції 30 грудня 2010 р.