

УДК 621.374

Ліщинська Л. Б., канд. техн. наук, доцент*Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ***Рожкова Я.С., студентка***Вінницький національний технічний університет,**Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021**E-mail: rozhkova.yana@gmail.com, L_Fil1@mail.ru***ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СИНТЕЗ ДВОХПАРАМЕТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРНИХ ДАТЧИКІВ**

В роботі розглянуто можливість подолання складностей при проектуванні генераторних датчиків шляхом використання таблиць перетворення іммітансу. Наведено принцип побудови таблиць перетворення іммітансу узагальнених перетворювачів іммітансу (УПІ) на основі польового транзистора (ПТ) і функціональний синтез на їх основі двохпараметричних генераторних датчиків.

Ключові слова: узагальнений перетворювач іммітансу, польовий транзистор, таблиці перетворення іммітансу.

Практичний інтерес для науковців та інженерів представляють таблиці перетворення іммітансу, які спрощують аналіз і синтез електронних пристроїв на основі перетворювачів іммітансу [1]. Таблиця перетворення іммітансу є форма представлення якісних показників іммітансу та зміни функцій перетворення (інверсії або конверсії) УПІ. Проте в даний час відсутні таблиці перетворення іммітансу двохпараметричних УПІ, створення яких відкриває нові можливості синтезу генераторних датчиків.

З метою функціонального синтезу двохпараметричних генераторних датчиків на основі польового транзистора (ПТ) необхідно:

- розробити математичні моделі УПІ на базі ПТ, які враховують залежність його перетвореного іммітансу від фізичних параметрів транзистора;
- провести дослідження залежності перетвореного іммітансу від приведеної частоти та створити таблиці перетворення іммітансу.

Для побудови таблиць перетворення іммітансу використаємо високочастотні схеми двохпараметричних УПІ на базі ПТ включеного з спільним стоком, витоком та затвором (рисунке 1).

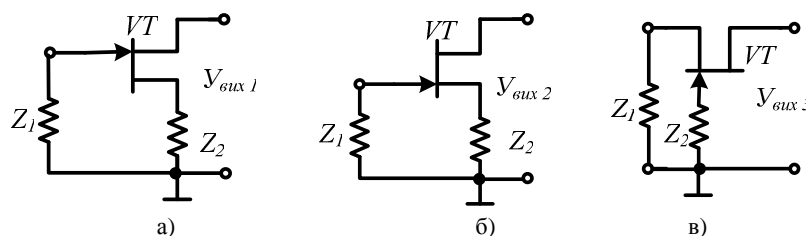


Рисунок 1 – Високочастотні схеми двохпараметричного УПІ на основі польового транзистора, включеного зі спільним стоком (а), витоком (б) та затвором (в)

Використовуючи фізичну еквівалентну схему ПТ [2] без урахування паразитних елементів корпусу та виводів, (так як дослідження проводяться на відносно невисоких частотах), отримані вирази для Y -параметрів трьох схем включення ПТ.

Для схеми включення ПТ зі спільним стоком:

$$[y_c] = \begin{bmatrix} \frac{\Omega_s(\Omega_s + j)}{R_i} & -\frac{\Omega_s(\Omega_s + j)}{R_i} \\ -\frac{\Omega_s + sR_i + j\Omega_s(1 - sR_i)}{R_i} & \frac{\Omega_s + sR_i + j\Omega_s(1 - sR_i)}{R_i} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Для схеми включення ПТ зі спільним витоком:

$$[y_e] = \begin{bmatrix} \frac{\Omega_s^2}{R_i} + j\frac{\Omega_s}{R_i} & -j\frac{\Omega_s\xi_3}{R_i} \\ s_0 - j\Omega_s \cdot s_0 & G + j\frac{\Omega_s\xi_3}{R_i} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Для схеми включення ПТ зі спільним затвором:

$$[y_6] = \begin{bmatrix} s_0 + j \frac{\Omega_s}{R_6} (1 - s_0 R_6) & -G + j \frac{\Omega_s \xi_6}{R_6} \\ s_0 - j \Omega_s s_0 & G + j \frac{\Omega_s (\xi_3 + \xi_6)}{R_6} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

де $\Omega_s = \frac{\omega}{\omega_s}$; $\omega_s = \frac{1}{R_i C_{36}}$; R_i — диференціальний опір між затвором та витоком, $\xi_3 = \frac{C_{36}}{C_{3c}}$ і $\xi_6 = \frac{C_{36}}{C_{c6}}$; C_{36} ,

C_{c6} та C_{3c} — ємність затвор – витік, стік – витік та затвор – стік, відповідно; $\dot{s} = \frac{s_0}{(1 + j\Omega_s)}$.

У-параметри двохпараметричних УПІ, містять в собі матриці у-параметрів фізичних еквівалентних схем ПТ і перетворений опір Z_2 , ввімкнений в загальний вивід ПТ:

$$[Y] = \begin{bmatrix} \frac{y_{11} + Z_2 \cdot \Delta y}{1 + Z_2 \cdot \Sigma y} & \frac{y_{12} - Z_2 \cdot \Delta y}{1 + Z_2 \cdot \Sigma y} \\ \frac{y_{21} - Z_2 \cdot \Delta y}{1 + Z_2 \cdot \Sigma y} & \frac{y_{22} + Z_2 \cdot \Delta y}{1 + Z_2 \cdot \Sigma y} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де $\Sigma y = y_{11} + y_{12} + y_{21} + y_{22}$; $\Delta y = y_{11} y_{22} - y_{21} y_{12}$; $y_{11}, y_{12}, y_{21}, y_{22}$ — параметри матриці провідності польового транзистора.

Вихідна перетворена провідність такого двохпараметричного заземленого УПІ дорівнює:

$$Y_{вих} = \frac{1}{k} \left[y_{22} + Z_2 \Delta y - \frac{(y_{11} - Z_2 \Delta y)(y_{21} - Z_2 \Delta y)}{y_{11} + Z_2 \Delta y + k y_1} \right], \quad (5)$$

де $k = 1 + Z_2 \Sigma y$, $y_1 = 1/Z_1$.

Системи рівнянь (1)–(5) утворюють математичні моделі двохпараметричних УПІ на базі польової транзисторної структури та дозволяють створити таблиці перетвореного іммітансу таких УПІ.

З використанням розроблених математичних моделей (1)–(5) отримані таблиці перетворення іммітансу УПІ з спільним стоком (таблиця 1), з спільним витоком (таблиця 2) та зі спільним затвором (таблиця 3), за методикою, описаною в [1] для однопараметричних УПІ.

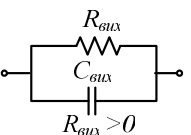
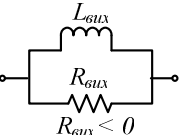
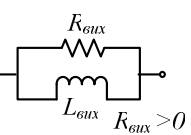
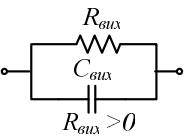
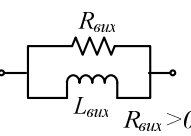
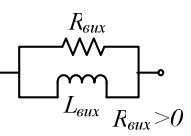
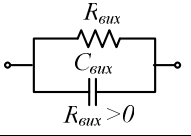
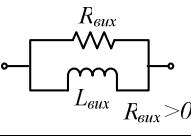
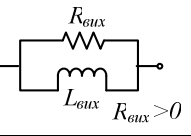
Таблиця 1 — Перетворення іммітансу УПІ_С

Z_1	Z_2	$Y_{вих1}$	Z_1	Z_2	$Y_{вих1}$	Z_1	Z_2	$Y_{вих1}$
R	R		L	R		C	R	
	L			L			L	
	C			C			C	

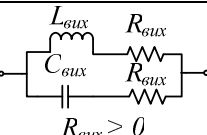
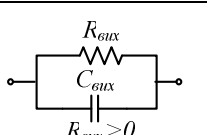
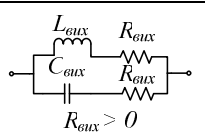
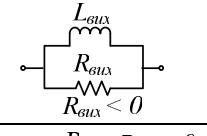
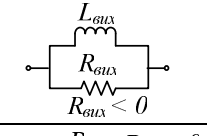
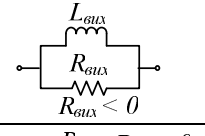
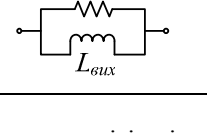
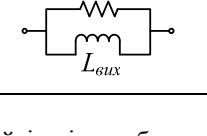
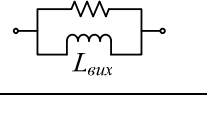
При перетворенні іммітансу УПІ_В, вихідний іммітанс буде індуктивним з негативною активною складовою у випадку, коли Z_1 є індуктивністю, а Z_2 — активним опором. У всіх інших випадках спостерігаються додатні значення активної складової перетвореного іммітансу, а уявна складова є індуктивною в усіх випадках, окрім тих, коли вхідний опір Z_1 є активним для Z_2 , який є активним, ємнісним та індуктивним опором.

Аналіз таблиці перетворення іммітансу УПІ_С показує, що перетворений вихідний іммітанс при $s_0 = 0,33$ мА/В має позитивну дійсну складову $R_{вих} > 0$, окрім випадків коли Z_1 є активним опором, а Z_2 — індуктивним та Z_1 є ємнісним, а Z_2 — активним опором. Уявна ж складова має змішаний характер: індуктивний характер, коли Z_1 і Z_2 мають індуктивний характер, і коли Z_1 має ємнісний характер, а Z_2 — індуктивний та Z_1 і Z_2 мають ємнісний характер, коли дійсна складова може набувати, як від'ємне так і додатне значення, а також індуктивно-ємнісний характер у всіх інших випадках.

Таблиця 2 — Перетворення імпедансу УПІВ

Z_1	Z_2	$Y_{вих 2}$	Z_1	Z_2	$Y_{вих 2}$	Z_1	Z_2	$Y_{вих 2}$
R	R		L	R		C	R	
	L			L			L	
	C			C			C	

Таблиця 3 — Перетворення імпедансу УПІЗ

Z_1	Z_2	$Y_{вих 3}$	Z_1	Z_2	$Y_{вих 3}$	Z_1	Z_2	$Y_{вих 3}$
R	R		L	R		C	R	
	L			L			L	
	C			C			C	

При перетворенні імпедансу УПІЗ, вихідний імпеданс буде містити негативну активну складову при $s < 0$ у випадку, коли: Z_1 є активним опором, а Z_2 — індуктивністю; Z_1 і Z_2 є індуктивністю, а також у випадку, коли опір Z_1 має ємнісний характер, а Z_2 — індуктивний. У всіх інших випадках значення активної складової перетвореного імпедансу є додатними, а уявна складова є індуктивною в усіх випадках, окрім тих, коли вхідний опір Z_1 має індуктивний характер, а Z_2 — є активним опором, і при Z_1 є активним опором та ємнісним, а Z_2 — активним опором (у цьому випадку характер уявної частини перетвореного імпедансу є змішаним, тобто містить як індуктивну, так і ємнісну складову).

Узагальнена високочастотна схема генераторного датчика, зображеного на рисунку 2, складається з активного резонатора, утвореного реактивними елементами з різними знаками провідності (jB_1 та $-jB_2$) та сумарної активної провідності G_Σ , що включає дисипативні втрати в резонаторі та навантаженні, випромінюючій антені A та інформаційної дії F , що впливає на параметри одного або декількох компонентів активного резонатора, та призводить до зміни частоти коливань, що генеруються $f_{ген} = F(\Phi)$.

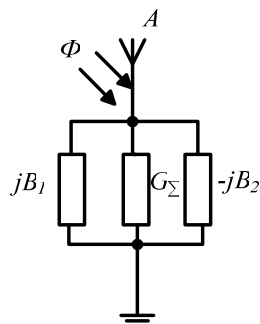


Рисунок 2 — Узагальнена високочастотна схема генераторного датчика

Амплітудні умови самозбудження такого резонатора виконуються при $G_\Sigma < 0$, що можливо тільки при наявності в резонаторі від'ємної реальної складової провідності. Фазові умови самозбудження виконуються при $B_1 - B_2 = 0$. Враховуючи, що в мікрохвильовому діапазоні частот найменшою добротністю володіють індуктивні компоненти і вони найбільш підлягають зовнішнім наводкам, в активному резонаторі слід використовувати пасивну ємність з провідністю jB_1 , а з використанням УПІ реалізується реактивна провідність $-jB_2$ з від'ємною реальною складовою. Вибір способу такої реалізації забезпечує використання розроблених таблиць перетворення імпедансу (таблиця 1-3).

Наприклад, при побудові резистивного ємнісно-двохпараметричного генераторного датчика, вище сформульовані умови виконуються при використанні УПІ на базі польового транзистора, ввімкненого по схемі зі спільним стоком, в режимі, коли $Z_1 = 1/j\omega C$ і $Z_2 = R$ (таблиця 1). Принципова схема радіочастотного датчика (РЧД), реалізованого на польовому транзисторі, що використовується в якості двохлапараметричного УПІ, представлена на рисунку 3, а.

Резистори R_1, R_3, R_4 і конденсатори C_2, C_3, C_5 забезпечують робочу точку польового транзистора в активній області. Конденсатор C_1 і резистор R_2 представляють відповідно ємнісний та резистивний первинні вимірювальні перетворювачі, параметри яких залежать від інформаційного сигналу Φ . Як видно з результатів моделювання (рисунк 3, б) [3], використання двохлапараметричних УПІ забезпечує зміну частоти генерації від 0,5 до 1,1 ГГц при зміні ємності C_1 від 5 до 1 пФ, при чутливості 280 МГц/пФ, та дозволяє одержувати сумарну інформацію про об'єкт одразу по двом інформаційним каналам (наприклад, при реалізації охоронної функції і т.д.)

Розроблені таблиці перетворення іммітансу забезпечують вирішення задачі функціонального синтезу двохлапараметричних генераторних датчиків.

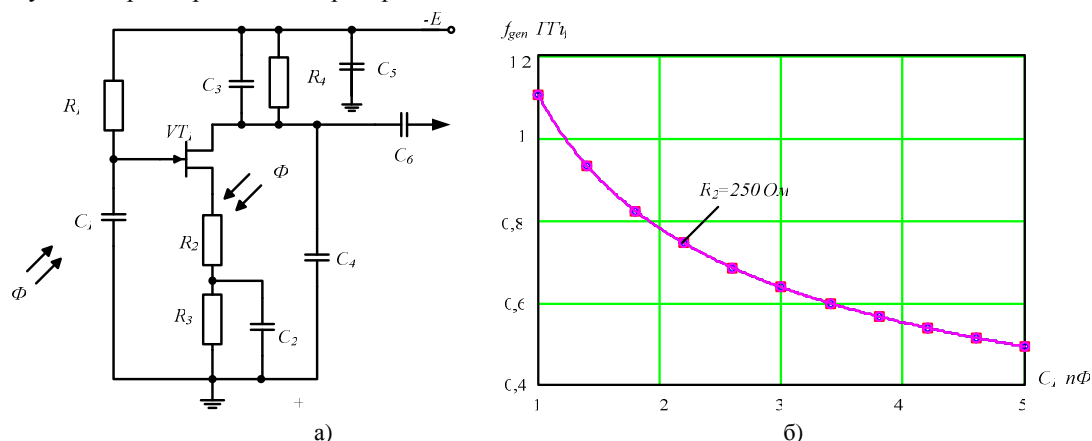


Рисунок 3 — Принципова схема (а) та залежність частоти генерації (б) РЧД від ємності C_1

Таблиці перетворення іммітансу використовують тільки якісні показники, які не залежать від чисельних значень перетворених іммітансів. Перевагою розробленого методу синтезу є відсутність необхідності використання додаткового математичного апарату, робота з кількісною оцінкою і можливість отримання всіх можливих варіантів реалізації синтезуючого пристрою на певному виді УПІ.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Філінюк М.А. Основи негatronіки. Теоретичні і фізичні основи негatronіки / М.А. Філінюк. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. — Т. 1. — 456 с.
2. Філінюк М. А. Метрологічні основи негatronіки: монографія / М.А. Філінюк, Д.В. Гаврилов. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. — 188 с.
3. Радзевич В. Д. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave office / В.Д. Радзевич, Ю.В. Потапов — М.: САЛОН-Пресс, 2003. — 496 с.

Надійшла до редакції 02.08.2010 р.

Лещинская Л.Б., Рожкова Я.С. Функциональный синтез двухпараметрических генераторных датчиков

В работе рассмотрена возможность преодоления сложностей при проектировании генераторных датчиков путем использования таблицы преобразования иммитанса. Приведён принцип построения таблицы преобразования иммитанса, обобщенных преобразователей иммитанса (ОПИ) на основе полевого транзистора (ПТ) и функциональный синтез на их базе двухпараметрических генераторных датчиков.

Ключевые слова: обобщенный преобразователь иммитанса, полевой транзистор, таблицы превращения иммитанса.

Lischinskaya L.B., Rojkova Ya.S. Functional synthesis of two-parameter generator sensors

Possibilities to overcome complications during the process of designing generator sensors using the table of immitance conversions table. The principle of developing the table of immitance conversions of the generalized transformers of immitance (GTI) on the basis of the field transistor (FT) and functional synthesis of two-parameter generator sensors based on them are provided.

Keywords: generic converter immitance, field-effect transistor, the tables turn immitance.