

УДК 681.321

Л.Б. ЛІЩИНСЬКА

## СИНТЕЗ ІМІТАНСНИХ ЛОГІЧНИХ R-ЕЛЕМЕНТІВ

*Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ,  
вул. Соборна, 87, м. Вінниця, Україна  
E-mail: L\_FiL1@mail.ru*

**Анотація.** Розроблена методика синтезу імітансних логічних R-елементів на базі узагальненого перетворювача імітансу (УПІ). Обґрунтовані структури основних логічних елементів «І», «АБО» і «НІ» при використанні різних видів УПІ. Запропоновані практичні схеми реалізації імітансних логічних R-елементів на базі реальної транзисторної структури.

**Аннотация.** Разработана методика синтеза иммитансных логических R-элементов на базе обобщённого преобразователя иммитанса (ОПИ). Обоснованы структуры основных логических элементов «И», «ИЛИ» и «НЕ» при использовании различных видов ОПИ. Предложены практические схемы реализации иммитансных логических R-элементов на базе реальной транзисторной структуры.

**Abstract.** The method of synthesis of immittance logical R-elements is developed on the base of the generalized transformer of immittance (OPI). The structures of basic logical elements of «AND», «OR» and «NOT» are grounded at the use of different types of OPI. The practical charts of realization of immittance logical R-elements are offered on the base of the real transistor structure.

**Ключові слова:** імітанс, узагальнений перетворювач імітансу, позитивна логіка, негативна логіка.

### ВСТУП

У сучасних інформаційних системах широке використання отримали відеоімпульсні логічні елементи [1]. Інформаційним базисом таких елементів є струм або напруга. Менш широке вживання отримали радіочастотні логічні елементи, що використовують як інформаційний координатний базис частоту, фазу або амплітуду гармонійного сигналу [2, 3]. У основі роботи таких логічних елементів є використання нелінійних властивостей транзисторів, що обмежує їх швидкодію. Одним з нових напрямів створення логічних елементів є використання у якості інформаційного координаторного базису – RLC-імітансу [4]. В основі побудови таких логічних схем є використання однокристальних узагальнених перетворювачів імітансу (УПІ), які працюють у лінійному режимі, що дозволяє підвищити швидкодію логічних елементів.

### МЕТА РОБОТИ І ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

Враховуючи наявність великої кількості імітансних параметрів та різні підходи до реалізації УПІ і логічних схем на їх основі, метою роботи є розробка методики синтезу імітансних логічних елементів, які використовують як інформаційний базис R- імітанс.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі завдання:

- на підставі обмежень, які вводяться, обґрунтовуються загальні структурні схеми логічних елементів, що розробляються;
- розробляються структури основних логічних елементів при використанні різних видів УПІ;
- визначаються умови, що забезпечують реалізацію основних логічних функцій;
- розробляються приклади практичної реалізації імітансних логічних R-елементів на базі реальної транзисторної структури.

### ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ

Функціонально-повний склад утворюють логічні пристрої «І, АБО, НІ». У загальному випадку ці логічні пристрої мають вхідні клеми, до яких підключається перетворений імітанс  $W_{Г_i}$  і вихідні клеми, між якими виникає перетворений імітанс  $W_{вих}$  (рис. 1).

Зв'язок між цими імітансами здійснюється через чотириполюсник, що має властивості

узагальненого перетворювача імітансу (УПІ). Такі УПІ можуть бути незаземленими (рис. 1а, в) і заземленими (рис. 1 б, г), послідовного (рис. 1 в) і паралельного (рис. 1 г) вигляду.

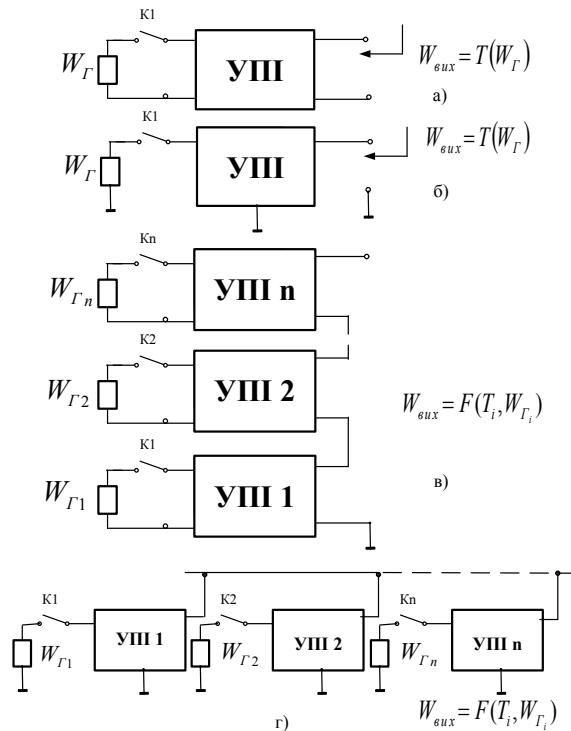


Рис. 1. Узагальненні структурні схеми імітансних логічних елементів

Введенні у схеми і використовувані у подальших схемах комутатори «К» є умовними елементами, які імітують появу на входних клеммах логічного елемента відповідного перетворюваного імітансу  $W_{Г_i}$ .

Враховуючи, що імітансні логічні пристрої, як правило, призначені для роботи на високих і надвисоких частотах, для зменшення впливу паразитних зв'язків, рекомендується реалізувати імітансні логічні пристрої із заземленими УПІ (рис. 1 б, г) паралельного вигляду (рис. 1 г). При цьому можуть бути використані RLC – позитивні і негативні імітанси.

У роботі пропонується розглянути синтез логічних схем, що використовують як інформативний параметр активний R – імітанс ( $W_{Г} = R_{Г}$ ). Прийемо, для позитивної логіки  $R_{Г}^{(+)} \rightarrow 1$ ,  $R_{Г}^{(-)} \rightarrow 0$ . Для негативної логіки, навпаки  $R_{Г}^{(+)} \rightarrow 0$ ,  $R_{Г}^{(-)} \rightarrow 1$ .

Як УПІ можливо використовувати як конвертори (К), так і інвертори (І) імітансу [5].

З метою спрощення синтезу вважатимемо, що їх коефіцієнти конверсії  $T_K$  та інверсії  $T_I$  є дійсними величинами, що справедливо на відносно-невисоких частотах. При цьому можливі два варіанти: для позитивного УПІ –  $T_i > 0$ ; для негативного УПІ –  $T_i < 0$ .

Таким чином, враховуючи, що узагальнені структурні схеми базових імітансних логічних елементів визначені, постає завдання формулювання вимог до елементів пристрою, при яких забезпечується реалізація необхідної логічної функції.

Структурна схема імітансного логічного R-елементу «НІ» представлена на рис. 2., а таблиця його істинності – у табл. 1.

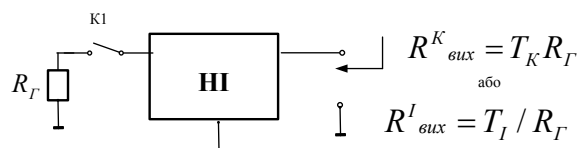


Рис. 2. Структурна схема імітансного логічного R-елементу „НІ”

Таблиця 1.

Таблиця істинності імітансного логічного R-елементу «НІ»

$R_{\Gamma}$		$R_{\text{вих}}$		$T_K$	$T_I$
$R_{\Gamma}^{(-)}$	0	$R_{\text{вих}}^{(+)}$	1	$< 0$	$< 0$
$R_{\Gamma}^{(+)}$	1	$R_{\text{вих}}^{(-)}$	0	$< 0$	$< 0$

Перетворений імітанс цієї схеми при використанні конвертора імітансу, рівний  $R_{\text{вих}}^K = T_K R_{\Gamma}$ . Звідки

$$T_K = R_{\text{вих}} / R_{\Gamma}. \quad (1)$$

Для позитивної логіки, підставляючи в (1) значення  $R_{\text{вих}}$  і  $R_{\Gamma}$  з табл. 1, знаходимо, що реалізація логічної функції «НІ» можлива лише у випадку використання негативного конвертора імітансу з  $T_K < 0$ . При використанні інвертора імітансу перетворений імітанс цієї схеми:  $R_{\text{вих}}^I = T_I / R_{\Gamma}$ . Звідки

$$T_I = R_{\text{вих}} R_{\Gamma}. \quad (2)$$

Для позитивної логіки, підставляючи в (2) значення  $R_{\text{вих}}$  і  $R_{\Gamma}$  з табл. 1, знаходимо, що реалізація логічної функції «НІ» можлива лише у випадку використання негативного інвертора імітансу з  $T_I < 0$ .

Аналогічний результат отримуємо і при використанні негативної логіки.

Таким чином, структурні схеми імітансного логічного R-елементу «НІ» на базі УПІ мають вигляд, представлений на рис. 3.

Логічні елементи «АБО» та «І» мають n-входів та один вихід. З метою спрощення синтезу вважатимемо, що  $n = 2$ . В цьому випадку їх узагальнену структурну схему можна представити у вигляді рис. 4.

Узагальнена структурна схема утворена двома УПІ, що мають перетворені імітанси  $R_{\text{вих1}} = F(R_{\Gamma_1}, T_1)$  та  $R_{\text{вих2}} = F(R_{\Gamma_2}, T_2)$ , які включені паралельно виходу.

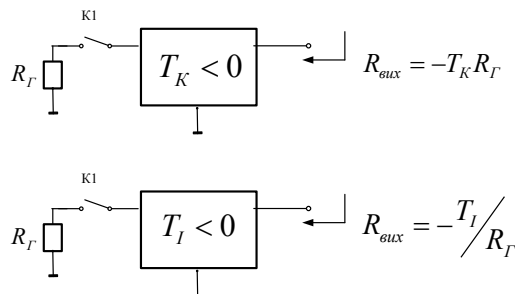


Рис. 3. Структурні схеми імітансного логічного R-елементу „НІ”

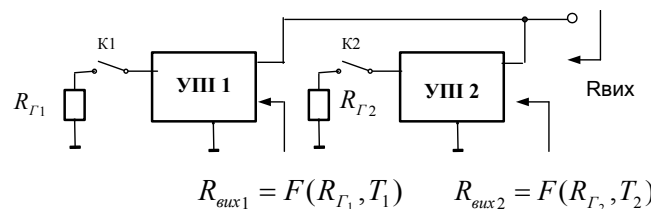


Рис. 4. Узагальнена структурна схема імітансних логічних R- елементів „І” та „АБО”

В результаті вихідний імітанс схеми дорівнює:

$$R_{\text{вих}} = \frac{R_{\text{вих1}} R_{\text{вих2}}}{R_{\text{вих1}} + R_{\text{вих2}}}. \quad (3)$$

Для випадку побудови логічного елемента «АБО» при використанні позитивної логіки, його таблиця істинності має вигляд, представлений у табл. 2.

Таблиця 2.

Таблиця істинності імітансного логічного R-елементу «АБО»

$R_{\Gamma_1}$	$R_{\Gamma_2}$	$R_{вих}$	$T_K^{(+)}$	$T_I^{(+)}$	
-	0	-	0	+	+
-	0	+	1	+	1
+	1	-	0	+	1
+	1	+	1	+	1

У табл. 2 (-) відповідає негативному значенню активного імітансу (логічний «0»), (+) відповідає позитивному значенню активного імітансу (логічна «1»).

Для випадку використання позитивного конвертора імітансу ( $T_K > 0$ ), маємо  $R_{вих_1} = T_{K_1} R_{\Gamma_1}$ ,  $R_{вих_2} = T_{K_2} R_{\Gamma_2}$ .

$$\text{Звідки } R_{вих}^K = T_{K_1} T_{K_2} R_{\Gamma_1} R_{\Gamma_2} / (T_{K_1} R_{\Gamma_1} + T_{K_2} R_{\Gamma_2}).$$

Нехай  $T_{K_1} = T_{K_2} = T_K$ , тоді

$$R_{вих}^K = \frac{T_K R_{\Gamma_1} R_{\Gamma_2}}{R_{\Gamma_1} + R_{\Gamma_2}}. \quad (4)$$

З (4) знаходимо необхідний коефіцієнт конверсії

$$T_K = \frac{R_{вих}^K (R_{\Gamma_1} + R_{\Gamma_2})}{R_{\Gamma_1} R_{\Gamma_2}}. \quad (5)$$

У відповідності з початковими даними  $T_K > 0$ , але як впливає з табл. 2, при  $R_{\Gamma_1}^{(-)} < 0$ ,  $R_{\Gamma_2}^{(+)} > 0$  і при  $R_{\Gamma_2}^{(-)} < 0$ ,  $R_{\Gamma_1}^{(+)} > 0$  ця умова може бути порушена. Для її забезпечення необхідно, щоб  $|R_{\Gamma}^{(-)}| > R_{\Gamma}^{(+)}$ .

Для випадку використання позитивного інвертора імітансу ( $T_I > 0$ ), маємо  $R_{вих_1} = T_{I_1} / R_{\Gamma_1}$ ,  $R_{вих_2} = T_{I_2} / R_{\Gamma_2}$ .

$$\text{Звідки } R_{вих}^I = T_{I_1} T_{I_2} / (T_{I_1} R_{\Gamma_1} + T_{I_2} R_{\Gamma_2}).$$

Нехай  $T_{I_1} = T_{I_2} = T_I$ , тоді

$$R_{вих}^I = \frac{T_I}{(R_{\Gamma_1} + R_{\Gamma_2})}. \quad (6)$$

З (6) знаходимо необхідний коефіцієнт інверсії

$$T_I = R_{вих}^I (R_{\Gamma_1} + R_{\Gamma_2}). \quad (7)$$

За вихідними даними  $T_I > 0$ , але, як впливає з табл. 2, при  $R_{\Gamma_1}^{(-)} < 0$ ,  $R_{\Gamma_2}^{(+)} > 0$  та  $R_{\Gamma_2}^{(-)} < 0$ ,  $R_{\Gamma_1}^{(+)} > 0$  ця умова може бути порушена. Для її забезпечення необхідно, щоб  $|R_{\Gamma}^{(-)}| < R_{\Gamma}^{(+)}$ .

У випадку використання негативних УПІ маємо:  $\overline{R}_{вих}^K = -R_{вих}^K$ ;  $\overline{R}_{вих}^I = -R_{вих}^I$ , тобто даний пристрій буде реалізувати логічну функцію «АБО-НІ» при виконанні умов  $|R_{\Gamma}^{(-)}| > R_{\Gamma}^{(+)}$  для випадку використання негативних конверторів імітансу та  $|R_{\Gamma}^{(-)}| < R_{\Gamma}^{(+)}$  для випадку використання негативних інверторів імітансу. Для побудови логічного елемента «І», при використанні позитивної логіки, його таблиця істинності має вигляд, представлений у табл. 3.

Таблиця 3.

Таблиця істинності імітансного логічного R-елементу «І»

$R_{Г1}$	$R_{Г2}$	$R_{вих}$	$T_K^{(+)}$	$T_I^{(+)}$
- 0	- 0	- 0	+	+
- 0	+ 1	- 0	+ / -	+ / -
+ 1	- 0	- 0	+ / -	+ / -
+ 1	+ 1	+ 1	+	+

Вихідний імітанс  $R_{вих}^K$  і коефіцієнт конверсії  $T_K$  при використанні позитивного конвертора імітансу визначається виразами (4) і (5), аналіз яких показує, що для забезпечення  $T_K > 0$ , для всіх вхідних імітансів  $R_{Г1}$  та  $R_{Г2}$  необхідно виконання умови  $|R_G^{(-)}| < R_G^{(+)}$ .

А при використанні позитивних інверторів імітансу, на підставі виразів (6) і (7), знаходимо необхідні умови реалізації логічної функції «І»  $|R_G^{(-)}| > R_G^{(+)}$ .

В разі використання негативних УПІ маємо:  $\bar{R}_{вих}^K = -R_{вих}^K$ ;  $\bar{R}_{вих}^I = -R_{вих}^I$ , тобто пристрій, що розглядається, буде реалізувати логічну функцію «І-НІ» при виконанні умов  $|R_G^{(-)}| < R_G^{(+)}$ , для випадку застосування негативного конвертора імітансу, і  $|R_G^{(-)}| > R_G^{(+)}$ , для випадку застосування негативного інвертора імітансу.

Як показує аналіз, в разі використання негативної логіки, необхідні співвідношення до вхідних імітансів змінюються на протилежні (табл. 4).

Для виконання умов, що пред'являються до співвідношення між перетворюваними імітансами  $R_{Г1}$  та  $R_{Г2}$  (табл. 4), при яких забезпечується реалізація відповідної логічної функції для даного вигляду УПІ, пропонується доповнювати перетворюваний імітанс додатковими компенсуючими резисторами  $R_1$  та  $R_2$  (рис. 5.).

Таблиця 4.

Таблиця умов реалізації імітансних логічних R- елементів «І», «І-НІ», «АБО» та «АБО-НІ» на базі УПІ

Логічна функція «АБО» та «АБО-НІ»			
Конвертор		Інвертор	
$T_K > 0$	$T_K < 0$	$T_I > 0$	$T_I < 0$
Позитивна логіка $R^{(+)} \rightarrow 1, R^{(-)} \rightarrow 0$			
$ R_G^{(-)}  > R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  > R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  < R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  < R_G^{(+)}$
«АБО»	«АБО-НІ»	«АБО»	«АБО-НІ»
Негативна логіка $R^{(-)} \rightarrow 1, R^{(+)} \rightarrow 0$			
$ R_G^{(-)}  < R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  < R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  > R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  > R_G^{(+)}$
«АБО»	«АБО-НІ»	«АБО»	«АБО-НІ»
Логічна функція «І» та «І-НІ»			
Конвертор		Інвертор	
$T_K > 0$	$T_K < 0$	$T_I > 0$	$T_I < 0$
Позитивна логіка $R^{(+)} \rightarrow 1, R^{(-)} \rightarrow 0$			
$ R_G^{(-)}  < R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  < R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  > R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  > R_G^{(+)}$
«І»	«І-НІ»	«І»	«І-НІ»
Негативна логіка $R^{(-)} \rightarrow 1, R^{(+)} \rightarrow 0$			
$ R_G^{(-)}  > R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  > R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  < R_G^{(+)}$	$ R_G^{(-)}  < R_G^{(+)}$
«І»	«І-НІ»	«І»	«І-НІ»

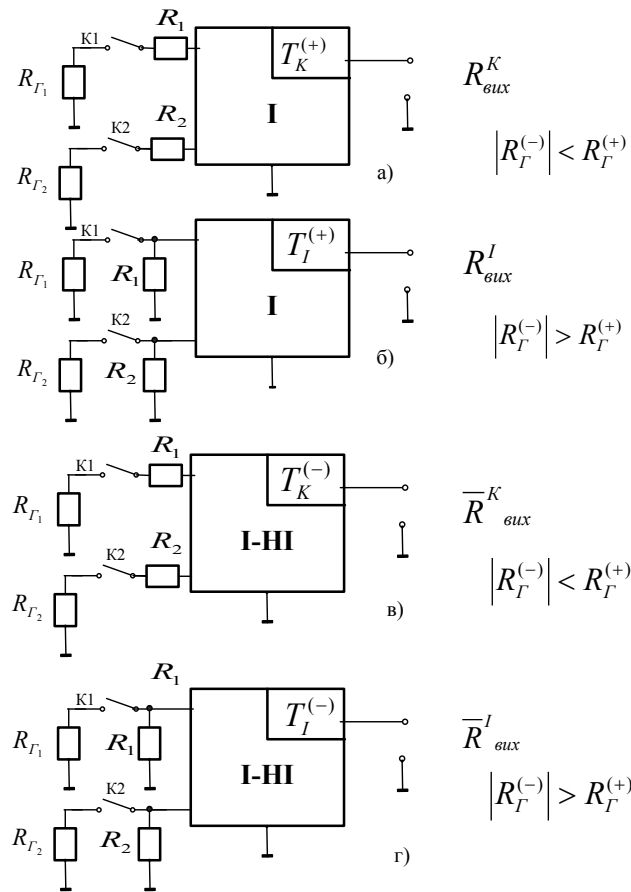


Рис. 5. Структурні схеми імітансних логічних R- елементів "I" (а, б) та "I-НІ" (в, г), що реалізуються на позитивних  $(T_K^{(+)}, T_I^{(+)})$  і негативних  $(T_K^{(-)}, T_I^{(-)})$  конверторах та інверторах імітансу з компенсуючими резисторами  $R_1$  та  $R_2$

При паралельному включенні резисторів перетворюваний імітанс стає рівним  $R_{\text{ex}} = \frac{RR_{\Gamma}}{R + R_{\Gamma}}$ .

Якщо  $|R_{\Gamma}^{(-)}| = R_{\Gamma}^{(+)}$ , маємо  $R_{\text{ex}}^{(-)} = -\frac{RR_{\Gamma}^{(-)}}{R - R_{\Gamma}^{(-)}} < 0$ . При  $R_1 > |R_{\Gamma_1}^{(-)}|$  та  $R_2 > |R_{\Gamma_2}^{(-)}|$  виконується умова

$$|R_{\text{ex}}^{(-)}| > R_{\text{ex}}^{(+)}, \text{ де } R_{\text{ex}}^{(+)} = \frac{RR_{\Gamma}^{(+)}}{R + R_{\Gamma}^{(+)}} < R_{\Gamma}^{(+)}$$

При послідовному включенні резисторів перетворюваний імітанс  $R_{\text{ex}} = R_{\Gamma} + R$ .

При  $R_1 > |R_{\Gamma_1}^{(-)}|$  та  $R_2 > |R_{\Gamma_2}^{(-)}|$  виконується умова  $|R_{\text{ex}}^{(-)}| < R_{\text{ex}}^{(+)}$ , де  $R_{\text{ex}}^{(+)} = R_{\Gamma}^{(+)} + R > R_{\Gamma}^{(+)}$ .

З врахуванням зроблених доповнень структурні схеми синтезованих імітансних логічних елементів «I», «I-НІ», «АБО» та «АБО-НІ» представлені на рис. 5, 6.

При паралельному включенні резисторів перетворюваний імітанс стає рівним  $R_{\text{ex}} = \frac{RR_{\Gamma}}{R + R_{\Gamma}}$ .

Якщо  $|R_{\Gamma}^{(-)}| = R_{\Gamma}^{(+)}$ , маємо  $R_{\text{ex}}^{(-)} = -\frac{RR_{\Gamma}^{(-)}}{R - R_{\Gamma}^{(-)}} < 0$ . При  $R_1 > |R_{\Gamma_1}^{(-)}|$  та  $R_2 > |R_{\Gamma_2}^{(-)}|$  виконується умова

$$|R_{\text{ex}}^{(-)}| > R_{\text{ex}}^{(+)}, \text{ де } R_{\text{ex}}^{(+)} = \frac{RR_{\Gamma}^{(+)}}{R + R_{\Gamma}^{(+)}} < R_{\Gamma}^{(+)}$$

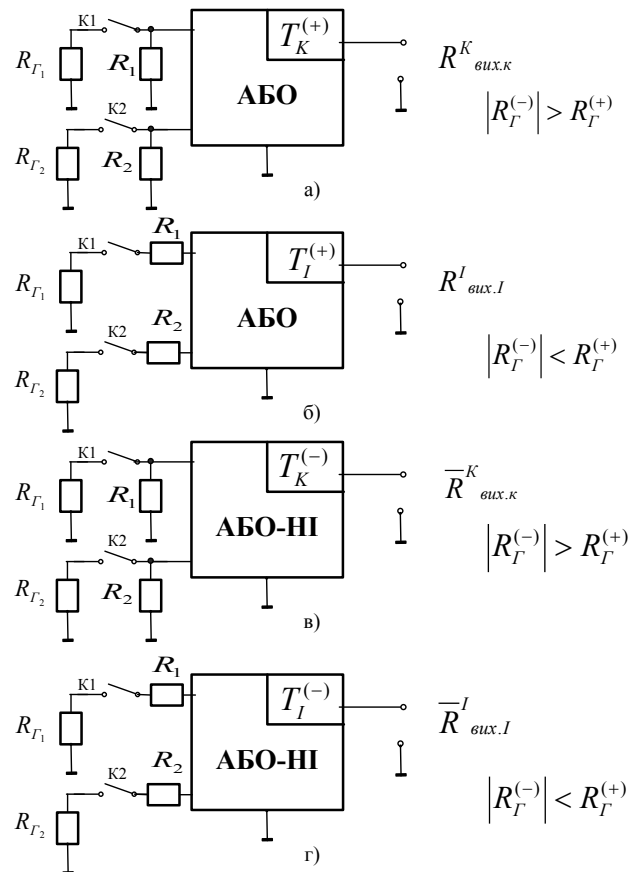


Рис. 6. Структурні схеми імітансних логічних R- елементів "АБО" (а, б) та "АБО-НІ" (в, г), що реалізуються на позитивних  $(T_K^{(+)}, T_I^{(+)})$  і негативних  $(T_K^{(-)}, T_I^{(-)})$  конверторах та інверторах імітансу з компенсуючими резисторами  $R_1$  та  $R_2$

При послідовному включенні резисторів перетворюваний імітанс  $R_{ex} = R_G + R$ .

При  $R_1 > |R_{Г1}^{(-)}|$  та  $R_2 > |R_{Г2}^{(-)}|$  виконується умова  $|R_{ex}^{(-)}| < R_{ex}^{(+)}$ , де  $R_{ex}^{(+)} = R_G^{(+)} + R > R_G^{(+)}$ .

З врахуванням зроблених доповнень структурні схеми синтезованих імітансних логічних елементів «І», «І-НІ», «АБО» та «АБО-НІ» представлені на рис. 5, 6.

Слід звернути увагу на подібність структурної реалізації цих схем. Відмінність полягає лише у вигляді УПІ, який використовується, і схемах включення компенсуючих резисторів  $R_1$  та  $R_2$ , що забезпечують виконання умов, представлених в табл. 4.

В разі збільшення числа входів таких логічних елементів необхідні співвідношення для перетворюваних імітансів  $R_{Гi}$  та принципи їх забезпечення не змінюються.

### ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Для реалізації імітансних логічних R-елементів рекомендується використовувати однокристалні УПІ на базі транзисторів. Найбільш досліджені однокристалні УПІ на базі біполярних та польових транзисторів [6]. Доведено, що чотириполюсники, які використовують транзистори, працюють в активному режимі, включені за схемою із загальним колектором, базою, стоком і затвором, при виконанні певних умов мають властивості конвертора імітансу, а включені за схемою із загальним емітером та витокком – властивостями інвертора імітансу.

Найцікавішою є реалізація конверторів та інверторів імітансу на базі інжекційно-пролітних транзисторних структур [7]. Прототипами таких структур є польові транзистори, які працюють при прямому зсуві на затворі і одноперехідний транзистор (ОТ). У зв'язку з цим, як ілюстрацію схемотехнічної реалізації синтезованих імітансних логічних R-елементів, розглянемо варіанти використання в якості УПІ одноперехідного транзистора, який включено за схемою із загальною першою базою (рис. 7).

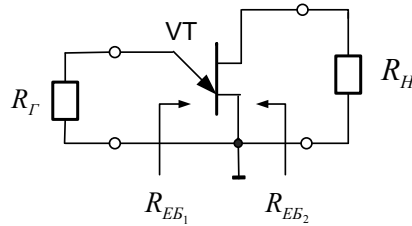


Рис. 7. Конвертор імпедансу на базі одноперехідного транзистора (ланцюги живлення не показані)

На відносно низьких частотах, з метою наочності рішень, які приймаються, вважаємо, що коефіцієнт передачі по струму одноперехідного транзистора (ОТ)  $\alpha = i_{B_1B_2} / i_E$  є дійсною величиною, де  $i_{B_1B_2}$  і  $i_E$  - струм бази та емітера.

В результаті, перетворювані імпедансні схеми будуть рівні [8]:

$$R_{EB_1} \approx (R_{B_2} + R_H)(1 - \alpha); \quad (8)$$

$$R_{B_1B_2} \approx R_G / (1 - \alpha), \quad (9)$$

де  $R_{B_2}$  - опір другої бази.

Особливістю ОТ є залежність величини коефіцієнта передачі по струму  $\alpha$  від величини струму емітера (рис. 8) [9].

При малих струмах ( $I_E \leq 1 \text{ mA}$ )  $\alpha > 1$ , а при великих струмах  $\alpha < 1$ . З врахуванням цього, використовуючи (8) і (9), знаходимо:

- при малих струмах:

$$R_{EB_1}^{(-)} \approx -(R_{B_2} + R_H)(\alpha - 1) < 0; \quad (10)$$

$$R_{B_1B_2}^{(-)} \approx -R_G / (\alpha - 1) < 0; \quad (11)$$

- при великих струмах:  $R_{EB_1}^{(+)} > 0$ ;  $R_{B_1B_2}^{(+)} > 0$ .

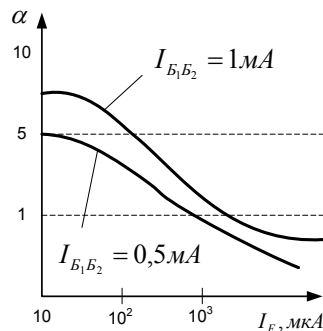


Рис. 8. Експериментальні залежності коефіцієнта передачі по струму ОТ від струму емітера

Враховуючи, що як у першому так і у другому режимах перетворені імпеданси  $R_{EB_1}$  та  $R_{B_1B_2}$  прямо-пропорційно залежать від величини перетворюваних імпедансів  $R_H$  і  $R_G$ , схема рис. 7 має у першому режимі властивість негативного, а у другому режимі – позитивного конвертора імпедансу.

При цьому

$$\left| R_{EB_1}^{(-)} \right| > \left| R_{B_1B_2}^{(-)} \right|, \quad R_{EB_1}^{(+)} < R_{B_1B_2}^{(+)} \quad (12)$$

Враховуючи, що з точки зору перешкодозахищеності, перетворений імпеданс повинен мати чималу величину, на підставі (12) можна зробити висновок про доцільність використання при реалізації



імітансних логічних R-елементів вхідного перетвореного імітансу  $R_{EB_1}^{(-)}$  негативного конвертора і вихідного перетвореного імітансу  $R_{B_1B_2}^{(+)}$  позитивного конвертора. З врахуванням цього, використовуючи структурну схему імітансного логічного R-елементу «НІ» (рис. 2), будемо принципову схему такого елемента на базі одноперехідного транзистора (рис. 9).

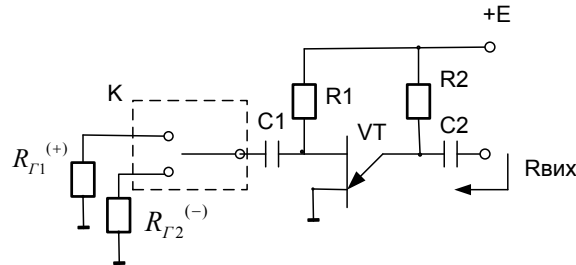


Рис. 9. Принципова електрична схема імітансного логічного елемента «НІ» на базі одноперехідного транзистора

Необхідний режим негативного конвертора, коли  $\alpha > 1$ , забезпечується шляхом вибору відповідної величини резистора  $R_2$ .

Схемотехнічна реалізація імітансних логічних R-елементів «АБО», «І» здійснюємо на підставі універсальної структурної схеми (рис. 4) шляхом використання позитивних конверторів імітансу на базі ОТ і введенням в схему, відповідно до умов табл. 4, компенсуючих резисторів  $R_2$  та  $R_3$  (рис. 10).

При струмах емітера  $I_{E_1} = I_{E_2} > 1mA$ , що забезпечується вибором величини резисторів  $R_1$  та  $R_4$ , схема рис. 10 а) має властивості логічного R-елементу «АБО», а схема рис. 10 б) – логічного R-елементу «І».

Збільшення величини резисторів  $R_1$  та  $R_4$  призводить до зменшення струмів емітерів  $I_{E_1}$  і зростання  $\alpha$ . В результаті на транзисторах VT1 і VT2 реалізуються негативні конвертори і схеми рис. 10а, б) мають властивості, відповідно, логічних R-елементів «АБО-НІ» та «І-НІ».

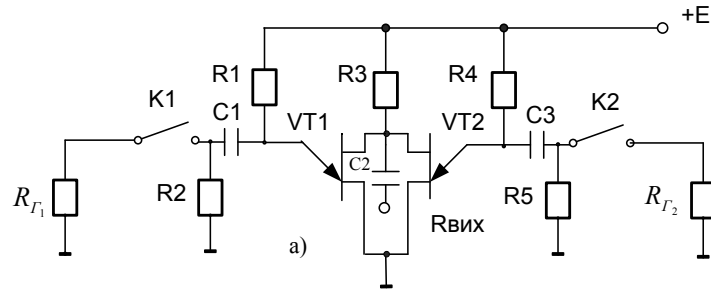
Потенціальна швидкодія реалізованих схем визначається тимчасовою затримкою в каналі транзистора і дорівнює:

$$t_3 \approx \alpha_0 / 2\pi f_\alpha (\alpha_0 - 1),$$

де  $f_\alpha$  - гранична частота транзистора.

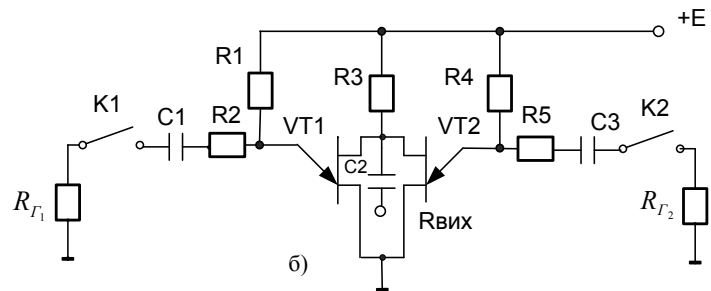
Наприклад, при використанні транзистора КТ117А вона складає  $t_3 \approx 1,2нс$  і може бути зменшена шляхом використання інжекційно-пролітної транзисторної структури з більш високою граничною частотою. Наприклад, на базі польового транзистора Шоттки в режимі прямозмещеного затвора.

Приведені результати у значній мірі базувалися на припущенні дійсної величини коефіцієнтів перетворення імітансу ( $T_K$  і  $T_I$ ). Проте в реальних схемах, особливо НВЧ діапазону, ці величини є комплексними і частотозалежними. Це призводить, по-перше, до додаткової затримки перемикавання, а, по-друге, до появи у перетвореному імітансі уявної (реактивної) складової, що необхідно враховувати на етапі параметричного синтезу та аналізу таких схем.



Якщо  $\alpha < 1, T_k > 0$ , то логічний елемент „АБО”

Якщо  $\alpha > 1, T_k < 0$ , то логічний елемент „АБО-НІ”



Якщо  $\alpha < 1, T_k > 0$  то логічний елемент „І”

Якщо  $\alpha > 1, T_k < 0$ , то логічний елемент „І-НІ”

Рис. 10. Принципові електричні схеми імітансних логічних R- елементів „АБО”, „АБО-НІ” (а) та „І”, „І-НІ” (б) на базі конверторів імітансів, що використовують одноперехідні транзистори VT1 і VT2

## ВИСНОВКИ

1. Для реалізації імітансних логічних R-елементів «НІ» необхідно використовувати лише негативні конвертори та інвертори імітансу.
2. Імітансні логічні R-елементи «АБО» та «І» можуть бути реалізовані на позитивних конверторах імітансу, за умови виконання певних обмежень на співвідношеннях між величиною вхідних імітансів, що визначають логічні рівні.
3. Введення у вхідний ланцюг імітансних логічних R-схем компенсуючих резисторів забезпечує автоматичне виконання необхідних співвідношень між значеннями вхідних імітансів.
4. Заміна у схемах логічних елементів «АБО» та «І» позитивних конверторів та інверторів імітансу на негативні забезпечує реалізацію, відповідно, логічних функцій «АБО-НІ» та «І-НІ», при збереженні вимог до співвідношення параметрів перетворених імітансів.
5. Схемотехнічна реалізація імітансних логічних R-елементів можлива на основі конверторів та інверторів імітансу, що реалізуються на базі польових, біполярних та одноперехідних транзисторних структурах. При параметричному синтезі і аналізі таких схем необхідно враховувати комплексний характер коефіцієнтів перетворення імітансів і вплив паразитних реактивностей транзисторних структур, особливо в НВЧ діапазоні.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Marsh S. Practical MMIC Design / S. Marsh – London: Artech House. – 2006. – 356Р.
2. Кнорре К.Г. Фазовые и частотные СВЧ элементы / К.Г.Кнорре, В.М.Тузов, Г.И. Шур – М.: Сов. радио. – 1975. – 352 С.
3. Кичак В.М. Синтез частотно-імпульсних елементів цифрової техніки /В.М. Кичак – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2005. – 261 С. – ISBN 966-641-137-7.
4. Ліщинська Л.Б. Імітансна логіка / Л.Б.Ліщинська, М.А. Філінюк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2010. – №1. – С.21-28.
5. Філінюк М.А. Інформаційні пристрої на основі потенційно-нестійких багатоелектродних

- напівпровідникових структур Шотткі: [Монографія] / М.А. Філінюк, О.М. Куземко, Л.Б. Ліщинська – Вінниця: ВНТУ. – 2009. – 274 С. - ISBN 978-966-641-332-4.
6. Філінюк М.А. Основи негatronіки. Том 1. Теоретичні і фізичні основи негatronіки: [Монографія] / М.А. Філінюк – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2006. – 456 С. – ISBN 966-641-198-9.
  7. Філінюк Н.А. Инжекционно-пролётный транзистор / Н.А.Філінюк, И.В. Бульга // Микроэлектронные преобразователи и приборы на их основе. – Баку-Сумгаит. – 2007. – С. 95-97.
  8. Лищинская Л.Б. Обобщенные преобразователи иммитанса на основе инжекционно-пролётной транзисторной структуры с общим истоком / Л.Б.Лищинская, И.В. Бульга, А.Г. Шведюк, Н.А. Філінюк // Наукові праці ВНТУ. – 2008. – №2. – С. 1-18.
  9. Викулин И.М. Физика полупроводниковых приборов / И.М. Викулин, В.И. Стафеев – М.: Сов. Радио. – 1980. – 296 С.

Надійшла до редакції 12.03.2010р.

**ЛІЩИНСЬКА ЛЮДМИЛА БРОНІСЛАВІВНА – к.т.н., доцент, Вінницький торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету, м. Вінниця, Україна.**