

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ МОНОИММИТАНСНОГО ЛОГИЧЕСКОГО R-ЭЛЕМЕНТА «И»

**Филинюк М.А., Лищинская Л.Б., Стахов В.П.**

*Винницкий национальный технический университет, Украина*

*E-mail: vladstakhov@mail.ru*

### **Research of monoimmittance logic R-element «AND» noise stability.**

The bases of construction of R-monoimmittance logic element "AND" and results of researching of destabilizing factors effect on the characteristics of the logical monoimmittance R-element "AND" such as the instability of the wave resistance of the transmission line, the emergence of the transmission line segments length and the emergence of parasitic reactance in the input immittance is presented.

Одной из разновидностей радиочастотных логических элементов являются иммитансные логические элементы, которые используют в качестве информационного параметра характер или величину иммитанса [1,2]. Использование иммитанса позволяет существенно повысить помехоустойчивость и энергетическую эффективность логического элемента [3].

Иммитансные логические элементы могут использовать в качестве информационного параметра резистивный, индуктивный или емкостной иммитанс, а также их комбинации. При одновременном использовании нескольких видов иммитанса логические элементы называются мультииммитансными, а при использовании одного типа иммитанса - моноиммитансными логическими элементами [4]. Для практического использования более целесообразными являются моноиммитансные логические элементы, использующие один информационный параметр, например, только активное сопротивление - (R-элемент), емкостной иммитанс - (C-элемент) или индуктивный иммитанс - (L-элемент) [5]. Моноиммитансные логические элементы имеют высокое быстродействие и энергетическую эффективность, но меньшую помехозащищенность, чем мультииммитансные логические элементы. Оценка помехозащищенности и методов ее повышения требуют дополнительных исследований.

В данном докладе решается задача обоснования схемы моноиммитансного логического R-элемента «И», разработка его математической модели и предлагаются результаты исследования работы моноиммитансного логического R-элемента «И» в диапазоне изменения дестабилизирующих факторов.

Электрическая схема возможного варианта реализации моноиммитансного логического R-элемента «И» представлена на рис. 1а.

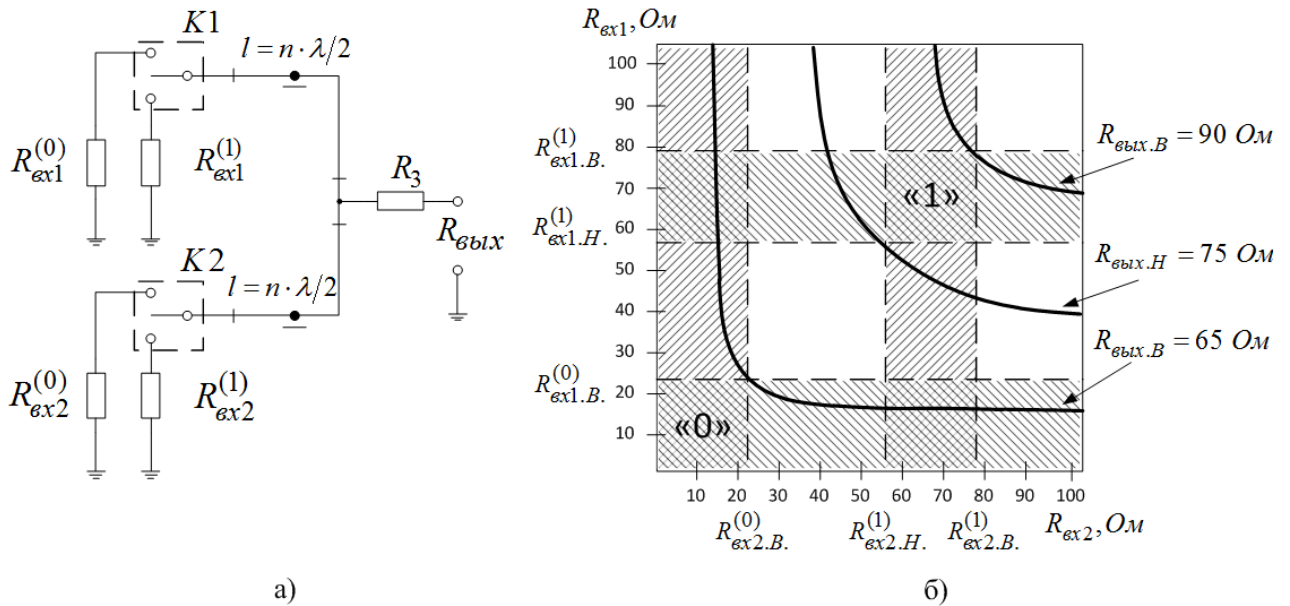


Рис. 1 Электрическая схема (а) и иммитансная передаточная характеристика (б) моноиммитансного логического R-элемента "И" (на схеме K1 и K2 - условные переключатели).

Выходное активное сопротивление схемы при условии, что длина всех соединительных отрезков линии передачи  $l = n \cdot \lambda / 2$ , где  $n = 0, 1, 2, \dots$ ,  $\lambda$  – длина электромагнитной волны в линии передачи, равно:

$$R_{\text{вых}} = R_3 + \frac{R_{\text{ex1}} R_{\text{ex2}}}{R_{\text{ex1}} + R_{\text{ex2}}}, \quad (1)$$

где  $R_{\text{ex1}}$  и  $R_{\text{ex2}}$  – резистивные импедансы, определяющие входные логические уровни.

Уравнение (1) является математической моделью идеального моноиммитансного логического R-элемента «И» и описывает его иммитансную передаточную характеристику, которая представляет собой в координатах  $R_{\text{ex1}}$  и  $R_{\text{ex2}}$  семейство равноугонных гипербол, положение которых может регулироваться величиной резистора  $R_3$  (рис. 1б).

В реальном моноиммитансном логическом элементе выходной иммитанс  $Z_{\text{вых}}$  связан с выходными импедансами  $R_{\text{вых1}}$  и  $R_{\text{вых2}}$  отрезков  $l_1, l_2$  линии передачи:

$$R_{\text{вых1}} = Z_0 \cdot \frac{R_{\text{ex1}}/Z_0 \cdot (1 - X_{\text{ex1}}/Z_0 \cdot \text{tg} \beta) + R_{\text{ex1}}/Z_0 \cdot \text{tg} \beta \cdot (X_{\text{ex1}}/Z_0 + \text{tg} \beta)}{(1 - X_{\text{ex1}}/Z_0 \cdot \text{tg} \beta)^2 + (R_{\text{ex1}}/Z_0 \cdot \text{tg} \beta)^2}, \quad (2)$$

$$R_{\text{вых2}} = Z_0 \cdot \frac{R_{\text{ex2}}/Z_0 \cdot (1 - X_{\text{ex2}}/Z_0 \cdot \text{tg} \beta) + R_{\text{ex2}}/Z_0 \cdot \text{tg} \beta \cdot (X_{\text{ex2}}/Z_0 + \text{tg} \beta)}{(1 - X_{\text{ex2}}/Z_0 \cdot \text{tg} \beta)^2 + (R_{\text{ex2}}/Z_0 \cdot \text{tg} \beta)^2}, \quad (3)$$

где  $X_{\text{ex1}}$  и  $X_{\text{ex2}}$  – реактивные входные импедансы,  $\beta = 2\pi l / \lambda$  – фазовая постоянная;  $Z_0$  – волновое сопротивление отрезков линии передачи.

С учетом (2) и (3) выходная активная составляющая импеданса моноиммитансного реального логического R-элемента «И» описывается выражением:

$$R_{\text{ввх}} = R_3 + \frac{(R_{\text{ввх1}})^2 \cdot R_{\text{ввх2}} + R_{\text{ввх1}} \cdot (R_{\text{ввх2}})^2 + R_{\text{ввх1}} \cdot (X_{\text{ввх2}})^2 + R_{\text{ввх2}} \cdot (X_{\text{ввх1}})^2}{(R_{\text{ввх1}})^2 + 2 \cdot R_{\text{ввх1}} \cdot R_{\text{ввх2}} + (R_{\text{ввх2}})^2 + (X_{\text{ввх1}})^2 + 2 \cdot X_{\text{ввх1}} \cdot X_{\text{ввх2}} + (X_{\text{ввх2}})^2}. \quad (4)$$

Аналогічним образом розраховуються і реактивні складові імпеданса схеми.

Из анализа выражений (2-4) следует, что основными дестабилизирующими факторами являются:

- нестабільність хвильового спротивлення  $Z_0$  відрізків лінії передачі;
- погрешность, связанная с изменением длины отрезка линии передачи  $\Delta l$ ;
- появление во входных импедансах  $Z_{\text{вх1}}$  и  $Z_{\text{вх2}}$  паразитных реактивных составляющих  $X_{\text{вх1}}$  и  $X_{\text{вх2}}$ .

Для сравнительной оценки помехоустойчивости иммитансного логического элемента использованы коэффициенты помехоустойчивости выходного активного импеданса  $R_{\text{ввх}}$ : от нестабильности хвильового

спротивлення  $Z_0$  відрізків лінії передачі  $\Upsilon_{Z_0} = 1 / \left( 1 + \left| S_{Z_0}^{X_{L_{\text{ввх}}}} \right| \right)$ ; от появления паразитных входных составляющих во входных импедансах

$\Upsilon_Q = 1 / \left( 1 + \left| S_{X_{\text{вх}}}^{X_{L_{\text{ввх}}}} \right| \right)$ ; от погрешности длины отрезка линии передачи

$\Upsilon_{\Delta l} = 1 / \left( 1 + \left| S_{\Delta l}^{X_{L_{\text{ввх}}}} \right| \right)$ , где  $S_{Z_0}^{R_{\text{ввх}}} = \partial R_{\text{ввх}} \cdot Z_0 / \partial Z_0 \cdot R_{\text{ввх}}$ ,

$S_{X_{\text{вх}}}^{R_{\text{ввх}}} = \partial R_{\text{ввх}} \cdot X_{\text{вх}} / \partial X_{\text{вх}} \cdot R_{\text{ввх}}$ ,  $S_{\Delta l}^{R_{\text{ввх}}} = \partial R_{\text{ввх}} \cdot \Delta l / \partial \Delta l \cdot R_{\text{ввх}}$  - чувствительности выходного активного импеданса от вышперечисленных параметров.

Для достижения большей помехоустойчивости логического элемента рекомендуется использовать входные импедансы с сопротивлением реактивных составляющих не более чем 10 Ом, обеспечить величину погрешности, связанную с изменением длины отрезка линии передачи  $\Delta l$  на уровне не более чем 1 мм на частоте 10 ГГц.

## Литература

1. Ліщинська Л. Б. Імітансна логіка / Л. Б. Ліщинська, М. А. Філінюк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2010. — № 2. — с. 25–31.
2. Microwave immittance logical elements / L.B. Lishchynska, N.A. Filinyuk, R.Y. Chekhmestrouk, Y.S. Rozhkova – 22st International Crimean Conference: Microwave and Telecommunication Technology, CriMiCo 2012. – Sevastopol, Ukraine. – 10-14 September 2012. - P. 137-138.
3. Ліщинська Л. Б. Оцінка основних параметрів імітансних логічних елементів / Л. Б. Ліщинська // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. - 2011. - № 3. - С. 45-52.
4. Filinyuk N. A. Monoimmittance logic R-elements / Filinyuk N. A., Lishchynskaya L.B., Voysekhovska O.V., Stakhov V. P. // П'ята міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія" - Івано-Франківськ – Вінниця, 27-29 травня, 2015 р.
5. Филинюк Н.А. Моноиммитансные логические RLC-элементы / Н.А. Филинюк, Л.Б. Лишинская, Е.В. Войцеховская, В.П. Стахов // Вісник Хмельницького національного університету, № 3. – 2015р. – с.117-121.