

UTILIZAREA CONVERTOARELOR DE IMPEDANȚĂ ÎN FILTRE ACTIVE

Ion Avram
Universitatea Tehnică a Moldovei
ion_avram@hotmail.com

Abstract: *Active filters have a basic device of electronic communication equipment. In this paper we analyze the scheme of the impedance converter for two variants of realization. It is estimated sensitivity of the input impedance of the impedance converter to change the impedance converter component values. It shows that the sensitivity of simulated input impedance converter to each element of the active impedance converter does not exceed the sensitivity of passive RLC filter characteristics from nominal of the passive components R, L and C.*

Cuvinte-cheie: *convertor de impedanță, filtru activ, element de pierderi, impedanță simulată de intrare, sensibilitate.*

I. Introducere

În comunicațiile electronice contemporane un element de bază îl prezintă filtrul, care este de obicei un circuit activ ce formează benzile canalelor de emisie și recepție, selectează o bandă de frecvență dintr-un spectru mai larg de frecvență, realizează și alte funcții.

O utilizare largă în construirea filtrelor active (FA) în realizare microelectronică o are metoda creării FA pe baza prototipelor filtrelor pasive RLC, teoria sintezei cărora este dezvoltată foarte puternic. În asemenea FA pentru modelarea inductanței L, capacității C și elementelor cu caracter negativ al impedanței – de exemplu a Rezistenței Negative Dependente de Frecvență (RNDF) se utilizează o clasă de circuite cum ar fi Convertoarele de Impedanță (CI) [1].

II. Rezultatele obținute

CI realizate practic în schema echivalentă a impedanței simulate conțin întotdeauna diverse tipuri de elemente de pierderi (parazitare) în comparație cu CI idealizate. Acțiunea acestor pierderi asupra caracteristicilor CI poate fi real omisă prin compensarea lor [2]. În acest caz acest CI poate fi considerat ideal și construirea FA după prototipul RLC pasiv devine mult mai simplă.

În ultimul timp CI se realizează pe baza Amplificatoarelor Operaționale (AO) integrale. CI construit pe baza câtorva AO permit realizarea foarte calitativă a impedanțelor imitate, legate de „pământ” sau nu. Însă pentru îndeplinirea cerințelor de minimizare a puterii de consum, nivelului zgomotului și parametrilor de masă și gabarit foarte des se utilizează CI doar pe baza unui singur AO. Aceste circuite realizează de obicei impedanța imitată necesară la care este conectat paralel sau în serie un element de pierderi cu diverse dependențe de frecvență. D aceia la proiectarea FA pe baza CI cu pierderi este necesar: 1) de luat în considerație elementele cu pierderi ale CI la etapa aproximării caracteristicilor FA, sau 2) de efectuat aproximarea caracteristicilor FA fără a lua în considerație elementele cu pierderi ale CI cu compensarea lor ulterioară în toată banda frecvențelor de lucru la etapa de realizare a FA. Pentru selectarea unui CI la realizarea unui FA este necesar de a compara mai multe CI după un anumit criteriu, care ar permite de a evalua calitatea diferitor CI asupra unor caracteristici date ale lor.

Unul dintre cele mai importante criterii de evaluare a calității diferitor CI este sensibilitatea impedanței de intrare Z_{in} imitate la schimbarea valorilor elementelor CI.

Pentru analiză vom utiliza CI, indicat în figura 1 [1]. Pentru analiza prezentului CI inițial numerotăm nodurile circuitului și le indicăm în cerceulețe așa cum este indicat în figura 1. Nodul 1 trebuie să fie nodul, legat de intrarea circuitului. Nodul legat cu „pământul” nu se numerotează. Atunci matricea conductibilităților $[Y]$ circuitului din figura 1 va avea următoarea formă generală:

$$[Y] = \begin{vmatrix} Y_{11} & -Y_{12} & -Y_{13} \\ -Y_{21} & Y_{22} & -Y_{23} \\ -Y_{31} & -Y_{32} & Y_{33} \end{vmatrix} \quad (1)$$

unde Y_{nn} – conductibilitatea proprie a nodului n ,
iar Y_{nm} – conductibilitatea reciprocă dintre nodurile n și m .

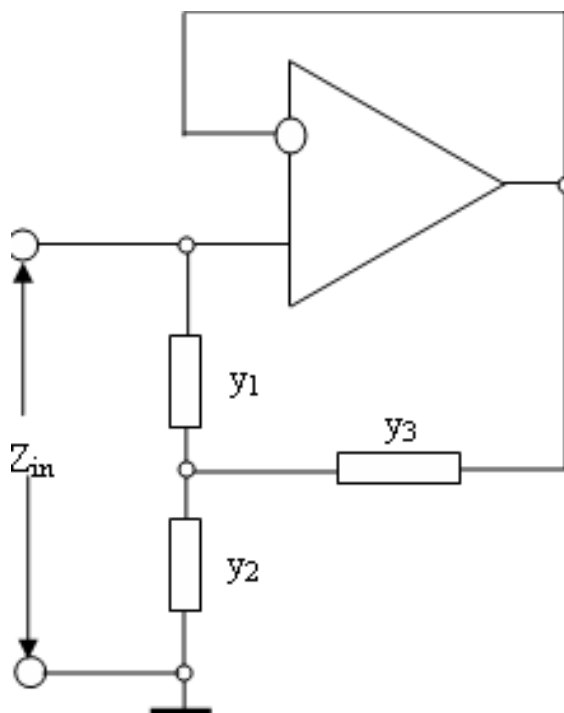


Figura 1 Convertor de impedanță cu pierderi

Înlocuind în formula (1) expresiile concrete ale Y_{nn} și Y_{nm} obținem

$$[Y] = \begin{vmatrix} y_1 & -y_1 & 0 \\ -y_1 & y_1+y_2+y_3 & -y_2 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2)$$

Atunci impedanță de intrare Z_{in} a circuitului va avea expresia

$$Z_{in} = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{y_1 y_3} \quad (3)$$

Pentru circuitul di figura 1 există 2 variante de realizare a CI [1]

1) cazul cînd $y_1 = pC_1, y_3 = pC_3, y_2 = \frac{1}{R_2}$, unde $p = jw$ și prezintă frecvența complexă. În acest caz CI imită un dipol cu impedanța de înțrare echivalentă ce se calculează după formula:

$$Z_{in1} = \frac{1}{p^2 C_1 C_3 R_2} + \frac{p C_1 C_3}{C_1 + C_3} = \frac{1}{p^2 D} + p C_\Sigma \quad (4)$$

și reprezintă conexiunea în serie a unui D-element (RNDF) și a unei capacități de pierderi C_Σ ,

2) cazul cînd $y_1 = \frac{1}{R_1}, y_3 = \frac{1}{R_3}, y_2 = pC_2$. Atunci impedanța de înțrare Z_{in2} a CI corespunde expresiei:

$$Z_{in2} = pC_2 R_1 R_3 + R_1 + R_3 = pL + R_\Sigma \quad (5)$$

și schema echivalentă a impedanței de înțrare Z_{in2} imitate reprezintă o legătură în serie a unei inductanțe L și a elementului de pierderi R_Σ .

Schemele echivalente ale impedanțelor imitate în cazurile 1 și 2 sunt indicate în figura 2.

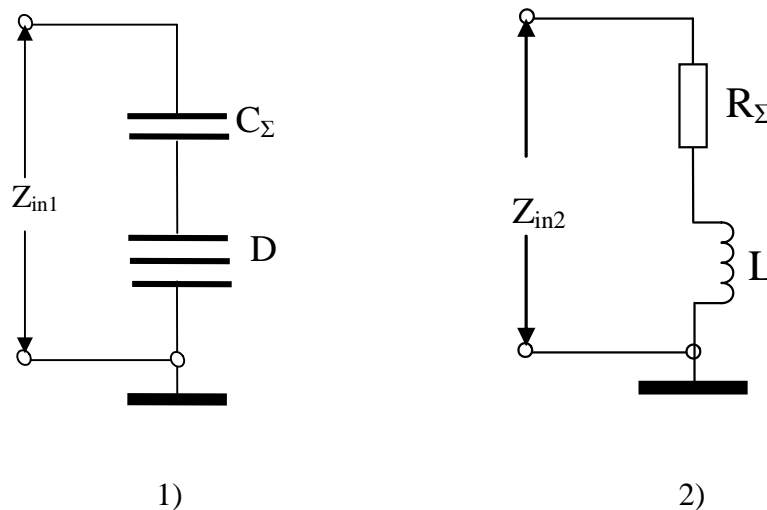


Figura 2 Schemele echivalente ale impedanțelor imitate în cazurile 1 și 2

Sensibilitatea impedanței de înțrare $S_{x_i}^{Z_{in}}$ se calculează după formula

$$S_{x_i}^{Z_{in}} = \frac{x_i}{Z_{in}} * \frac{\partial Z_{in}}{\partial x_i} \quad (6)$$

Întroducând în expresia (6) Z_{in} și elementele corespunzătoare ale circuitului obținem:

$$S_{y_1}^{Z_{in}} = -\frac{y_2 + y_3}{y_1 + y_2 + y_3} \quad (7)$$

$$S_{y_2}^{Z_{in}} = \frac{y_2}{y_1 + y_2 + y_3} \quad (8)$$

$$S_{y_3}^{Z_{in}} = -\frac{y_1 + y_2}{y_1 + y_2 + y_3} \quad (9)$$

Luînd în considerație faptul că toate conductibilitățile CI din figura 1 sunt pozitive, adică $y_i > 0$ se obține, că

$$-1 < S_{y_1}^{Z_{in}} < 0 \quad (10)$$

$$0 < S_{y_2}^{Z_{in}} < 1 \quad (11)$$

$$-1 < S_{y_3}^{Z_{in}} < 0 \quad (12)$$

În afară de aceasta unicul AO din circuitul dat are reacția negativă de 100%, adică coeficientul lui de amplificare k în această schemă este $k=1$ și nu depinde de alte componente, rezultă că

$$S_k^{Y_{in}} = 0 \quad (13)$$

III. Concluzii

În urma rezultatelor obținute în ecuațiile (10..13) putem concluziona, că după criteriul „sensibilitatea impedanței de intrare a CI” caracteristicile circuitului analizat sunt asemănătoare caracteristicilor circuitelor RLC pasive. Din acest punct de vedere CI analizat poate fi utilizat la realizarea FA cu stabilitate înaltă la fel ca a filtrelor pasive RLC.

IV. Referințe

1. Хейнлейн В. Е., Холмс В. Х. Активные фильтры для интегральных схем. Пер. с англ./ Под ред. Н. Н. Слепова и И. Н. Теплюка.- М.: Связь, 1980.- 656 стр.
2. Бенинг Ф. Отрицательные сопротивления в электронных схемах.- Берлин, 1971. Пер. с нем./ Под ред. Д. П. Линде.-М.: Радио, 1975.-288 стр.
3. Design of Analog Filters, R. Schaumann and M. E. van Valkenburg, Oxford1. University Press, 2005.