ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: ELEKTRONIKA z. 3 Nr kol. 1254

Zygmunt WRÓBEL
Instytut Problemów Techniki
Uniwersytet Śląski

TOPOLOGICZNA METODA WYZNACZANIA PARAMETRÓW PASYWNYCH I AKTYWNYCH CZWÓRNIKÓW I TRÓJNIKÓW

Streszczenie. W pracy przedstawiono topologiczną modyfikacje metody wyznaczania poszczególnych parametrów pasywnych i aktywnych układów elektronicznych zaprezentowaną w pracach [1,3]. Pokazano że, poszczególne parametry $z_{ij}, y_{ij}, a_{ij}, b_{ij}, g_{ij}, h_{ij}$ zarówno pasywnych, jak i aktywnych czwórników i trójników można wyznaczyć poprzez sumy "cząstkowych" dopełnień algebraicznych z ich pełnej macierzy admitancji węzłowych Y_w^p.

A topological method of calculation of passive and active four- and three- terminal networks' parameters

Summary. The paper presents a topological modification of the method presented in papers [1, 3] and used to calculate individual parameters of passive and active networks. It has been shown that parameters $z_{ij}, y_{ij}, a_{ij}, b_{ij}, g_{ij}, h_{ij}$ characterizing passive as well as active four- and three- terminal networks can be calculated as sums of "partial" algebraic complements of the nodal admittance matrices Y_w^p.

Топологический метод определеня пассивных и активных параметров четырехполюсников и трёхполюсников

Резюме. В работе представлена топологическая модификация метода определения параметров пассивных и активных электрических схем описанных в работах [1,3]. Показано, что параметры z_{ij}, y_{ij}, a_{ij}, b_{ij}, g_{ij}, h_{ij} так пассивных как и активных четырехполюсников и трёхполюсников можно определить путём сумирования "частичных" алгебраических дополнений полной матрицы узловых адмитанций Y_w^p.

1. WPROWADZENIE

Jak wynika z prac [1,3], dany parametr F_{ij} $(F_{ij} \in \{z_{ij},y_{ij},a_{ij},b_{ij},h_{ij},g_{ij}\})$ układu można w ogólnym przypadku zapisać w postaci funkcji wymiernej typu:

$$F_{ij} = \frac{\Delta^{l}_{(p_1+r_1)(k_1+l_1),(p_2+r_2)(k_2+l_2),\ldots,(p_s+r_s)(k_s+l_s)}}{\Delta^{m}_{(p_1+r_1)(k_1+l_1),(p_2+r_2)(k_2+l_2),\ldots,(p_s+r_s)(k_s+l_s)}} \tag{1}$$

gdzie:

$$\Delta^{l}_{(p_1+r_1)(k_1+l_1),(p_2+r_2)(k_2+l_2),\dots,(p_s+r_s)(k_s+l_s)},$$
$$\Delta^{m}_{(p_1+r_1)(k_1+l_1),(p_2+r_2)(k_2+l_2),\dots,(p_s+r_s)(k_s+l_s)}$$

- to symboliczna forma zapisu sumarycznych dopełnień algebraicznych z macierzy admitancji węzłowych Y_w^p występujących w liczniku i mianowniku funkcji wymiernej F_{ij} zmiennej x.

Wskaźniki przy Δ pokazują operacje, jakie należy wykonać na macierzy Y_w^p. W ogólnym przypadku elementy wierszy p_i dodajemy do elementów odpowiednich wierszy r_i, po czym skreślamy wiersze p_i. Analogicznie elementy kolumn k_i dodajemy do elementów odpowiednich kolumn l_i, po czym skreślamy kolumny k_i. Uzyskany w ten sposób wyznacznik należy w ogólnym przypadku pomnożyć przez $(-1)^{(\sigma+\kappa)}$, gdzie: σ - to suma numerów skreślonych wierszy i kolumn, κ - całkowita liczba przestawień w ciągach skreślonych wierszy i kolumn, potrzebnych do uszeregowania ich w porządku rosnącym. Sposób obliczania wielokrotnych sumarycznych dopełnień algebraicznych przedstawiono w pracy [3].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie w encyklopedycznym skrócie, korzystając z prac [4,5], prostej metody wyznaczania poszczególnych parametrów pasywnych i aktywnych czwórników i trójników polegającej na sumowaniu "cząstkowych" dopełnień algebraicznych z pełnej macierzy admitancji węzłowych Y_w^p. W niniejszej pracy dla rozróżnienia układów pasywnych i aktywnych ich parametry będziemy oznaczać odpowiednio indeksami *p* i *a*.

2. METODA WYZNACZANIA PARAMETRÓW UKŁADÓW PASYWNYCH

Jak wynika z prac dotyczących topologicznych metod analizy układów [2, 4, 5], dany parametr F_{ij} charakteryzujący układy można w ogólnym przypadku zapisać w postaci funkcji wymiernej typu:

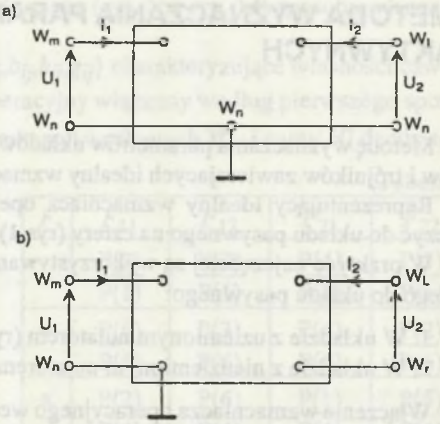
$$F_{ij} = \frac{H_{ka}^{v}}{H_{kb}^{v}} \tag{2}$$

gdzie H_{ka}^{v}, H_{kb}^{v} - odpowiednio sumy iloczynów admitancji elementów tworzących dendryty *ka* - drzewowe T_{ka}^{v} w liczniku i dendryty *kb* -drzewowe T_{kb}^{v} w mianowniku funkcji wymiernej F_{ij} opisującej parametry układu (v - liczba wierzchołków w układzie).

W pracach [2, 4, 5] wykazano, że poszczególne parametry F_{ij} czwórników i trójników pasywnych można wyrazić poprzez odpowiednie dopełnienia algebraiczne Δ macierzy admitancji węzłowych Y_w^p, lub odpowiednie sumy $H_{hj,p,lm}^{v}$ iloczynów admitancji elementów tworzących dendryty *k*-drzewowe $T_{hj,plm}^{v}$, co ilustruje tabela 1.

Tabela 1

F	F_{11}	F_{12}	F_{21}	F_{22}
z	$\frac{P(2)}{P(1)}$	$\frac{P(3)}{P(1)}$	$\frac{P(4)}{P(1)}$	$\frac{P(5)}{P(1)}$
y	$\frac{P(5)}{P(6)}$	$\frac{P(3)}{P(6)}$	$\frac{P(4)}{P(6)}$	$\frac{P(2)}{P(6)}$
a	$\frac{P(2)}{P(4)}$	$\frac{P(6)}{P(4)}$	$\frac{P(1)}{P(4)}$	$\frac{P(5)}{P(4)}$
b	$\frac{P(5)}{P(3)}$	$\frac{P(6)}{P(3)}$	$\frac{P(1)}{P(3)}$	$\frac{P(2)}{P(3)}$
h	$\frac{P(6)}{P(5)}$	$\frac{P(3)}{P(5)}$	$\frac{P(4)}{P(5)}$	$\frac{P(1)}{P(5)}$



Numeracja wierzchołków w czwórniku i trójniku
Numeration of node in four- and three-terminal networks

Tabela ta określa parametry $F_{ij} \in \{z_{ij}, y_{ij}, a_{ij}, b_{ij}, h_{ij}, g_{ij}\}$ charakteryzujące własności czwórników i trójników pasywnych, wyrażone przez wyznaczniki Δ^p macierzy admitancji węzłowych Y_w^p i sumy H_k^v dendryytów k - drzewowych T_k^v, gdzie:

Dla trójników		Dla czwórników	
$P(1) = \Delta^p$	$= H^v$	$P(1) = \Delta^p$	$= H^v$
$P(2) = \Delta^p_{mm}$	$= H^v_{m,n}$	$P(2) = \Delta^p_{mm}$	$= H^v_{m,n}$
$P(3) = \Delta^p_{lm}$	$= H^v_{lm,n}$	$P(3) = \Delta^p_{(r+l)m}$	$= H^v_{ml,rn} - H^v_{mr,ln}$
$P(4) = \Delta^p_{ml}$	$= H^v_{ml,n}$	$P(4) = \Delta^p_{m(r+l)}$	$= H^v_{mr,ln} - H^v_{ml,rn}$
$P(5) = \Delta^p_{ll}$	$= H^v_{l,n}$	$P(5) = \Delta^p_{(r+l)(r+l)}$	$= H^v_{l,r}$
$P(6) = \Delta^p_{mm,ll}$	$= H^v_{m,l,n}$	$P(6) = \Delta^p_{mm,(r+l)(r+l)}$	$= H^v_{ml,r,n} + H^v_{m,l,rn} + H^v_{mr,l,n} + H^v_{m,r,ln}$

Jak pokazano w pracy [5], wyrażenie $H^v_{hj,p,lm}$ to w ogólnym przypadku dopełnienia algebraiczne z pełnej macierzy admitancji węzłowych Y_w^p powstające po wykreśleniu z niej h - tego, p - tego i l - tego wierszy oraz j - tej, p - tej, m - tej kolumn. Ponadto w pełnej macierzy admitancji węzłowych Y_w^p należy elementom leżącym na przecięciu poszczególnych kombinacji wykreślanych wierszy i kolumn "przypisać" wartość zero.

3. METODA WYZNACZANIA PARAMETRÓW UKŁADÓW AKTYWNYCH

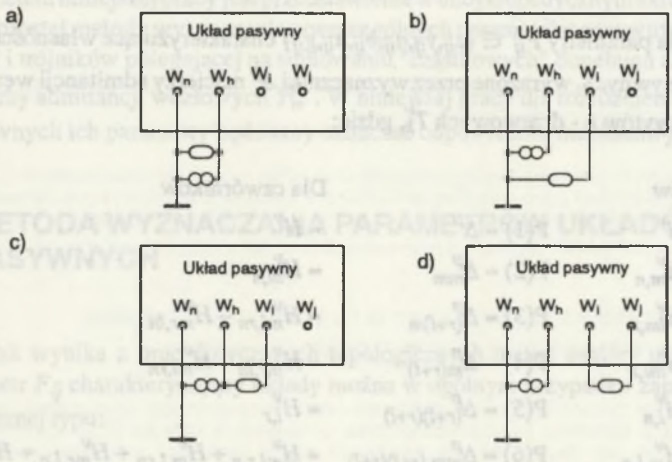
Metodę wyznaczania parametrów układów aktywnych zilustrujemy na przykładzie czwórników i trójników zawierajacych idealny wzmacniacz operacyjny.

Reprezentujący idealny wzmacniacz operacyjny nulator i norator można teoretycznie włączyć do układu pasywnego na cztery (rys.1) różne sposoby [5].

W praktyce najczęściej są wykorzystywane dwa sposoby włączenia wzmacniacza operacyjnego do układu pasywnego:

1. W układzie z uziemionym nulatorem (rys. 1b).
2. W układzie z nieuziemionym nulatorem (rys. 1d).

Włączenie wzmacniacza operacyjnego według rys. 1c to przypadek szczególny włączenia wzmacniacza operacyjnego z rys. 1d.



Rys. 1. Warianty włączenia idealnego wzmacniacza operacyjnego (zamodelowanego w postaci nulatora i noratora) do układu pasywnego

Fig. 1. Alternative methods of incorporatingon ideal operational amplifier (nullator and norator pattern) into the passive network

Z rozważań pracy [5] dotyczącej włączenia idealnego wzmacniacza operacyjnego do układu pasywnego wynika, że w ogólnym przypadku poszczególne parametry z_{ij}, y_{ij}, a_{ij}, b_{ij}, g_{ij}, h_{ij} charakteryzujące własności układów aktywnych zawierających jeden wzmacniacz operacyjny można wyrazić poprzez odpowiednie dopełnienia algebraiczne z macierzy admitancji węzłowych Y_w^p części pasywnej układu lub sumy H_k^y iloczynów admitancji elementów tworzących dendryty k-drzewowe T_k^y. W tabelach 2 i 3 zestawiono poszczególne dopełnienia algebraiczne macierzy Y_w^p i sumy H_k^y, charakteryzujące poszczególne parametry z_{ij}, y_{ij}, a_{ij}, b_{ij}, g_{ij}, h_{ij}

układów pasywnych, dla pierwszego (rys. 1b) i drugiego (rys. 1c i rys. 1d) sposobu włączenia idealnego wzmacniacza operacyjnego.

Tabela 2 określa parametry $F_{ij} \in \{z_{ij}, y_{ij}, a_{ij}, b_{ij}, h_{ij}, g_{ij}\}$ charakteryzujące własności czwórników i trójników zawierających wzmacniacz operacyjny włączony według pierwszego sposobu, wyrażone przez wyznaczniki Δ^p macierzy admitancji węzłowych Y_w^p i sumy H_k^v dendrytów k - drzewowych T_k^v części pasywnej układu, gdzie:

Dla trójników

$$P(1) = \Delta^p = \Delta^p_{hi} = H^v_{hi,n}$$

$$P(2) = \Delta^p_{mm} = \Delta^p_{hi,mm} = H^v_{hi,m,n}$$

$$P(3) = \Delta^p_{lm} = \Delta^p_{hi,lm} = H^v_{hi,lm,n}$$

$$P(4) = \Delta^p_{ml} = \Delta^p_{hi,ml} = H^v_{hi,ml,n}$$

$$P(5) = \Delta^p_{ll} = \Delta^p_{hi,ll} = H^v_{hi,l,n}$$

$$P(6) = \Delta^p_{mm,ll} = \Delta^p_{hi,mm,ll} = H^v_{hi,m,l,n}$$

Tabela 2

F	F_{11}	F_{12}	F_{21}	F_{22}
z	$\frac{P(2)}{P(1)}$	$\frac{P(3)}{P(1)}$	$\frac{P(4)}{P(1)}$	$\frac{P(5)}{P(1)}$
y	$\frac{P(5)}{P(6)}$	$\frac{P(3)}{P(6)}$	$\frac{P(4)}{P(6)}$	$\frac{P(2)}{P(6)}$
a	$\frac{P(2)}{P(4)}$	$\frac{P(6)}{P(4)}$	$\frac{P(1)}{P(4)}$	$\frac{P(5)}{P(4)}$
b	$\frac{P(5)}{P(3)}$	$\frac{P(6)}{P(3)}$	$\frac{P(1)}{P(3)}$	$\frac{P(2)}{P(3)}$
h	$\frac{P(6)}{P(5)}$	$\frac{P(3)}{P(5)}$	$\frac{P(4)}{P(5)}$	$\frac{P(1)}{P(5)}$

Dla czwórników

$$P(1) = \Delta^p = \Delta^p_{hi} = H^v_{hi,0}$$

$$P(2) = \Delta^p_{mm} = \Delta^p_{hi,mm} = H^v_{hi,m,n}$$

$$P(3) = \Delta^p_{(r+l)m} = \Delta^p_{hi,(r+l)m} = H^v_{hi,lm,n} - H^v_{hi,rm,n}$$

$$P(4) = \Delta^p_{m(r+l)} = \Delta^p_{hi,m(r+l)} = H^v_{hi,ml,n} - H^v_{hi,mr,n}$$

$$P(5) = \Delta^p_{(r+l)(r+l)} = \Delta^p_{hi,(r+l)(r+l)} = H^v_{hi,l,n} + H^v_{hi,rm,n} - 2H^v_{hi,ml,n}$$

$$P(6) = \Delta^p_{mm,(r+l)(r+l)} = \Delta^p_{hi,mm,(r+l)(r+l)} = H^v_{hi,m,r,n} + H^v_{hi,m,l,n} - 2H^v_{hi,m,lr,n}$$

Tabela 3 określa parametry $F_{ij} \in \{z_{ij}, y_{ij}, a_{ij}, b_{ij}, h_{ij}, g_{ij}\}$ charakteryzujące własności czwórników i trójników zawierających wzmacniacz operacyjny włączony według drugiego sposobu, wyrażone przez wyznaczniki Δ^p macierzy admitancji węzłowych Y_w^p i sumy H_k^v dendrytów k - drzewowych T_k^v, części pasywnej układu, gdzie:

Tabela 3

F	F_{11}	F_{12}	F_{21}	F_{22}
z	$\frac{P(2)}{P(1)}$	$\frac{P(3)}{P(1)}$	$\frac{P(4)}{P(1)}$	$\frac{P(5)}{P(1)}$
y	$\frac{P(5)}{P(6)}$	$\frac{P(3)}{P(6)}$	$\frac{P(4)}{P(6)}$	$\frac{P(2)}{P(6)}$
a	$\frac{P(2)}{P(4)}$	$\frac{P(6)}{P(4)}$	$\frac{P(1)}{P(4)}$	$\frac{P(5)}{P(4)}$
b	$\frac{P(5)}{P(3)}$	$\frac{P(6)}{P(3)}$	$\frac{P(1)}{P(3)}$	$\frac{P(2)}{P(3)}$
h	$\frac{P(6)}{P(5)}$	$\frac{P(3)}{P(5)}$	$\frac{P(4)}{P(5)}$	$\frac{P(1)}{P(5)}$

Dla trójników

$$P(1) = \Delta^p = \Delta^p_{h(i+j)} = H^v_{hj,in} - H^v_{hi,jn}$$

$$P(2) = \Delta^p_{mm} = \Delta^p_{h(i+j),mm} = H^v_{hj,m,n} - H^v_{hi,m,n}$$

$$P(3) = \Delta^p_{lm} = \Delta^p_{h(i+j),lm} = H^v_{hj,lm,n} - H^v_{hi,lm,n}$$

$$P(4) = \Delta^p_{ml} = \Delta^p_{h(i+j),ml} = H^v_{hj,ml,n} - H^v_{hi,ml,n}$$

$$P(5) = \Delta^p_{ll} = \Delta^p_{h(i+j),ll} = H^v_{hj,l,n} - H^v_{hi,l,n}$$

$$P(6) = \Delta^p_{mm,ll} = \Delta^p_{h(i+j),mm,ll} = H^v_{hj,m,l,n} - H^v_{hi,m,l,n}$$

Dla czwórników

$$P(1) = \Delta^p = \Delta^p_{h(i+j)} = H^v_{hj,n} - H^v_{hi,n}$$

$$P(2) = \Delta^p_{mm} = \Delta^p_{h(i+j),mm} = H^v_{hj,m,n} - H^v_{hi,m,n}$$

$$P(3) = \Delta^p_{(r+l)m} = \Delta^p_{h(i+j),(r+l)m} = H^v_{hj,lm,n} + H^v_{hi,vm,n} - H^v_{hj,vm,n} - H^v_{hi,lm,n}$$

$$P(4) = \Delta^p_{m(r+l)} = \Delta^p_{h(i+j),m(r+l)} = H^v_{hj,ml,n} + H^v_{hi,mr,n} - H^v_{hj,mr,n} + H^v_{hi,ml,n}$$

$$P(5) = \Delta^p_{(r+l)(r+l)} = \Delta^p_{h(i+j),(r+l)(r+l)} = H^v_{hj,r,n} + H^v_{hj,l,n} - 2H^v_{hj,lr,n} - H^v_{hj,r,n} - \\ - H^v_{hj,l,n} + H^v_{hi,lr,n}$$

$$P(6) = \Delta^p_{mm,(r+l)(r+l)} = \Delta^p_{h(i+j),mm,(r+l)(r+l)} = H^v_{hi,m,r,n} + H^v_{hi,m,l,n} - 2H^v_{hi,m,lr,n} - H^v_{hi,m,r,n} - \\ - H^v_{hi,m,l,n} - 2\,H^v_{hi,m,lr,n}$$

4. PRZYKŁAD OBLICZANIA PARAMETRÓW UKŁADÓW

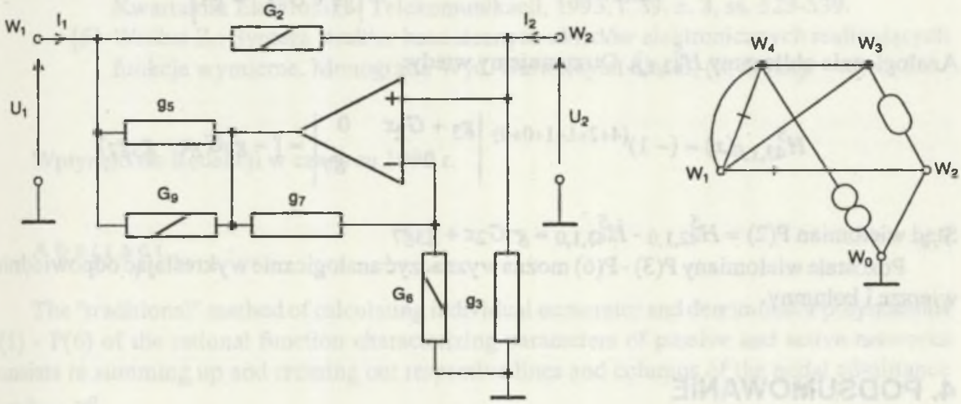
Korzystając z zapisu poszczególnych parametrów z_{ij}, y_{ij}, a_{ij}, b_{ij}, g_{ij}, h_{ij} układów aktywnych w postaci "cząstkowych" dopełnień algebraicznych $H^v_{hj,p,m,n}$ (tabele 2 i 3), można zaproponować nieco inny "prostszy" algorytm analizy układów zawierających idealny wzmacniacz operacyjny. Poszczególne parametry układów zawierających idealny wzmacniacz operacyjny można otrzymać "wykreślając" z pełnej macierzy admitancji węzłowych Y^p_w części pasywnej układu odpowiednie wiersze i kolumny.

Sposób "wykreślania" poszczególnych wierszy i kolumn w macierzy admitancji węzłowych Y^p_w zilustrujemy na przykładzie układu z rysunku 2 (w którym wzmacniacz operacyjny jest włączony według drugiego sposobu (h=4, i=3, j=2)).

Pełna macierz admitancji węzłowej Y_w^p części pasywnej układu ma postać:

$$Y_w^p = \begin{bmatrix} g_3 + G_6x & 0 & -g_3 & -G_6x & 0 \\ 0 & g_5 + G_2x + G_9x & -G_2x & 0 & -g_5 - G_9x \\ -g_3 & -G_2x & g_3 + G_2x & 0 & 0 \\ -G_6x & 0 & 0 & g_5 + g_7 + G_6x & -g_7 \\ 0 & -g_5 - G_9x & 0 & -g_7 & g_5 + g_7 + G_9x \end{bmatrix}$$

Poszczególne wielomiany P(1)-P(6) konieczne do wyznaczenia parametrów rozpatrywanego trójnika korzystając z tabeli 2 można wyznaczyć, obliczając odpowiednie cząstkowe dopełnienia algebraiczne $H^v_{hi,kl,np}$ z pełnej macierzy admitancji węzłowych Y_w^p.



Rys. 2. Schemat ideowy trójnika oraz jego graf
Fig. 2. Circuit diagram of a three-terminal network and its graph

I tak, aby obliczyć P(1), należy wyznaczyć $H^5_{42,30}$ i $H^5_{43,20}$. Cząstkowe dopełnienie algebraiczne $H^5_{42,30}$ powstaje z macierzy Y_w^p, po wykreśleniu z niej wierszy 4 i 3, oraz kolumn 2 i 0. Otrzymujemy wtedy:

$$H^5_{42,30}(x) = (-1)^{(4+2+3+0)} \begin{vmatrix} 0 & -G_6x & 0 \\ g_5 + G_2x + G_9x & 0 & -g_5 - G_9x \\ -G_2x & g_3 + G_2x & 0 \end{vmatrix} = -G_2G_6G_9x^3 - g_5G_2G_6x^2$$

Analogicznie obliczamy $H^5_{43,20}$. Otrzymujemy wtedy:

$$H^5_{42,30}(x) = (-1)^{(4+2+3+0)} \begin{vmatrix} 0 & -g_3 & 0 \\ g_5 + G_2x + G_9x & -G_2x & -g_5 - G_9x \\ 0 & 0 & g_7 \end{vmatrix} =$$

$$= [-g_3g_7G_2x - g_3g_7G_9x - g_3g_5g_7]$$

Stąd wielomian $P(1) = H^5_{42,30} - H^5_{43,20}$ ma postać:

$$P(1) = [-G_2G_6G_9x^3 - g_5G_2G_6x^2 - g_3g_7G_2x - g_3g_7G_9x - g_3g_5g_7]$$

Wielomian P(2) ma postać

$$P(2) = H^5_{42,1,0} - H^5_{43,1,0}.$$

Cząstkowe dopełnienie algebraiczne $H^5_{42,1,0}$ powstaje z macierzy Y^p_w po wykreśleniu z niej wierszy 4, 1 i 0, oraz kolumn 2, 1 i 0. Otrzymujemy wtedy:

$$H^5_{42,1,0}(x) = (-1)^{(4+2+1+1+0+0)} \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ g_7 + G_6x & -g_7 \end{vmatrix} = 0$$

Analogicznie obliczamy $H^5_{43,1,0}$. Otrzymujemy wtedy:

$$H^5_{43,1,0}(x) = (-1)^{(4+2+1+1+0+0)} \begin{vmatrix} g_3 + G_2x & 0 \\ 0 & -g_7 \end{vmatrix} = [-g_7G_2x - g_3g_7]$$

Stąd wielomian $P(2) = H^5_{42,1,0} - H^5_{43,1,0} = g_7G_2x + g_3g_7$

Pozostałe wielomiany P(3) - P(6) można wyznaczyć analogicznie wykreślając odpowiednie wiersze i kolumny.

4. PODSUMOWANIE

Zaproponowana metoda wyznaczania parametrów układów jest bardzo prosta zarówno dla obliczeń wykonywanych "ręcznie", jak i numerycznie. Pozwala ona skorzystać z ogólnie znanych algorytmów tworzenia macierzy admitancji węzłowych. Opracowany sposób "wykreślania" z macierzy admitancji węzłowej Y^p_w wierszy i kolumn pozwala w prosty sposób dokonywać obliczenia poszczególnych cząstkowych dopełnień algebraicznych $H^v_{hj,kl,rn}$, a tym samym wyznaczyć poszczególne parametry układów.

Zapis poszczególnych parametrów w postaci "cząstkowych" dopełnień algebraicznych $H^v_{hj,kl,rn}$ z pełnej macierzy admitancji węzłowych Y^p_w jest szczególnie użyteczny w procesie syntezy struktur kanonicznych układów [5].

LITERATURA

[1] Lasek L., Witkowski J. J.: General approach to the analysis of networks having ideal operational amplifiers. IEEE Journal Electronic and Systems, 1977, vol. 1, nr 4, pp. 133-136.

[2] Swamy M. N. S., Thulasiraman K.: Graphs, networks and algorithms. Wiley - Interscience, New York 1981.

[3] Witkowski J. J.: Skuteczna metoda obliczania wielokrotnych sumarycznych dopełnień algebraicznych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., Automatyka, z. 66, ss. 49-61, Gliwice 1983.

[4] Wróbel Z.: D-równoważność struktur układów realizujących funkcje wymierne. Kwartalnik Elektroniki i Telekomunikacji, 1993, t. 39, z. 3, ss. 523-539.

[5] Wróbel Z.: Synteza struktur kanonicznych układów elektronicznych realizujących funkcje wymierne. Monografia Wyd. Uniwersytet Śląski, (w druku).

Wpłynęło do Redakcji w czerwcu 1994 r.

Abstract

The "traditional" method of calculating individual numerator and denominator polynomials P(1) - P(6) of the rational function characterizing parameters of passive and active networks consists in summing up and crossing out respective lines and columns of the nodal admittance matrices Y^P_w.

This paper shows that parameters $z_{ij}, y_{ij}, a_{ij}, b_{ij}, g_{ij}, h_{ij}$ of passive as well as active four- and three- terminal networks can be calculated as sums of "partial" algebraic complements of the nodal admittance matrices Y^P_w.

Individual parameters of networks containing ideal operational amplifiers can be obtained by "crossing out" respective lines and columns from the complete nodal admittance matrices Y of the passive part of the network in accordance with the data presented in Tables 1 and 2.