ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1981

Seria: ELEKTRYKA z. 75 Nr kol. 681

Maciej SIWCZYŃSKI
Lesław TOPÓR-KAMIŃSKI

Instytut Podstawowych Problemów
Elektrotechniki i Energoelektroniki
Politechniki Śląskiej

MODELOWANIE AKTYWNYCH OBWODÓW PARAMETRYCZNYCH

Streszczenie. Przedstawiono sposób modelowania liniowych dwójników parametrycznych poprzez rozkład na szeregowo-równoległe połączenie dwójników prostszych, opisanych operatorami różniczkowymi jednomianowymi wyższych rzędów, podano własności tak otrzymanych sieci zastępczych oraz przedstawiono przykład możliwej realizacji układu rzędu drugiego.

1. Wstęp

Dowolny liniowy dwójnik parametryczny można opisać równaniem:

$$\hat{i}u = \hat{u}i, \tag{1}$$

gdzie u, i oznaczają przebiegi napięcia i prądu, a $\hat{i}$, $\hat{u}$ są liniowymi operatorami różniczkowymi o następującej postaci:

$$\hat{i}x = \sum_{n=0}^{N_{\hat{i}}} f_n x^{(n)}, \tag{2}$$

$$\hat{u}x = \sum_{n=0}^{N_{\hat{u}}} g_n x^{(n)}, \tag{3}$$

przy czym współczynniki f_n i g_n (bądź tylko niektóre z nich) są funkcjami czasu.

Każdy dwójnik jest więc scharakteryzowany parą operatorów $\{\hat{u}: \hat{i}\}$. W zbiorze operatorów można określić działania dodawania i mnożenia. Sumą operatorów $\hat{u}_1$ i $\hat{u}_2$ nazywa się operator $\hat{u}_1 + \hat{u}_2$ taki

$$\hat{i}(\hat{u}_1 + \hat{u}_2)i = \hat{u}_1 i + \hat{u}_2 i.$$

Iloczynem operatorów $\hat{u}_1$ i $\hat{u}_2$ nazywa się operator $\hat{u}_1\hat{u}_2$ taki, że

$$\hat{i}\,\hat{u}_1\hat{u}_2 i = \hat{u}_1(\hat{u}_2 i).$$

Z powyższych określeń wynikają następujące własności zbioru operatorów:

Własność 1

Zbiór operatorów tworzy grupę abelową (przemienną) ze względu na działanie dodawania oraz półgrupę ze względu na działanie mnożenia, zatem zbiór operatorów tworzy pierścień.

Własność 2

Dodawanie operatorów wiąże się z łączeniem dwójników. Dwójnik $\{\hat{u}_1 + \hat{u}_2;\ \hat{i}\}$ jest równoważny szeregowemu połączeniu dwójników $\{\hat{u}_1;\ \hat{i}\}\{\hat{u}_2;\ \hat{i}\}$ a dwójnik $\{\hat{u};\ \hat{i}_1 + \hat{i}_2\}$ jest równoważny równoległemu połączeniu dwójników $\{\hat{u};\ \hat{i}_1\}, \{\hat{u};\ \hat{i}_2\}$.

W przypadku gdy przynajmniej jeden z operatorów $\hat{u}$, $\hat{i}$ posiada operator odwrotny, wówczas istnieje operator impedancji

$$\hat{z} = \hat{i}^{-1}\,\hat{u}$$

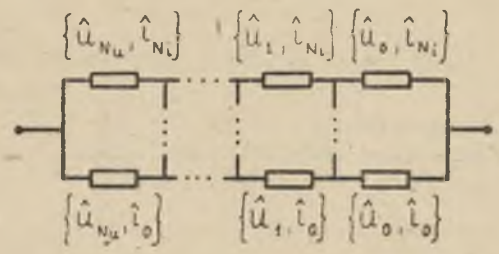
bądź też admitancji

$$\hat{y} = \hat{u}^{-1}\,\hat{i}.$$

Należy podkreślić, że operatory dwójników parametrycznych na ogół nie komutują ze sobą. Metoda modelowania przedstawiona w tej pracy nie wymaga stosowania operatorów immitancji.

2. Modelowanie metodą rozkładu operatorów

Z własności 2 wynika metoda modelowania dwójnika poprzez rozkład na szeregowo-równoległe połączenie dwójników prostszych. Rozkład taki przeprowadza się w celu otrzymania sieci (zwanej dalej podstawową) w kształcie kratownicy (rys. 1), zawierającej $N_i \times N_u$ dwójników elementarnych.



Rys. 1

Elementarnym nazywamy dwójnik opisany operatorami jednomianowymi to znaczy

$$f_n u^{(n)} = g_m i^{(m)}.$$

Każde przekształcenie sieci podstawowej, nie zmieniające pary $\{\hat{u}, \hat{i}\}$ operatorów dwójnika, nazywamy dopuszczalnym. Z własności 1 i 2 wynikają następujące przekształcenia dopuszczalne:

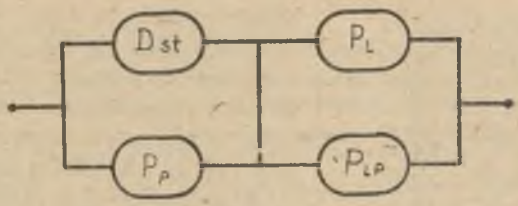
a) zmiana miejscami dwóch dowolnych wierszy sieci podstawowej,
b) zmiana miejscami dwóch dowolnych kolumn sieci podstawowej,
c) usunięcie dowolnego wewnętrznego połączenia między dwoma wierszami sieci podstawowej.

Określony w ten sposób zbiór przekształceń sieci podstawowej pozwala tworzyć sieci pochodne, wygodniejsze do praktycznej realizacji modelowania.

3. Sieci pochodne jako modele dwójników parametrycznych

Często w praktyce tylko niektóre współczynniki operatorów (2) i (3) zależą od czasu. Umożliwia to rozdzielenie dwójnika na części niestacjonarną i stacjonarną. Rozpatrzymy dwójnik opisany równaniem typu (1), w którym tylko dwa współczynniki $f_k(t)$ i $g_l(t)$ są zależne od czasu. Zatem w sieci podstawowej współczynniki zależne od czasu zawierać będą dwójniki w k-tej kolumnie i l-tym wierszu (rys. 2). Stosując powyżej podane przekształcenia dopuszczalne można dokonać podziału sieci podstawowej na cztery dwójniki rys. 3). Jeden spośród nich jest stacjonarny (D_{st}), dwa jednostronnie parametryczne (P_l, P_p) oraz jeden dwustronnie parametryczny (P_{lp}). W dwójniku jednostronnie parametrycznym współczynniki tylko jednego z operatorów $\hat{u}$ lub $\hat{i}$ zależą od czasu. Ostateczne realiza-

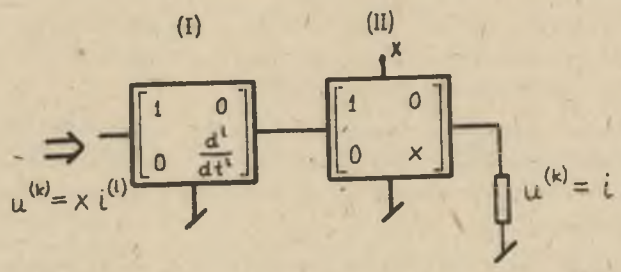
Rys. 2



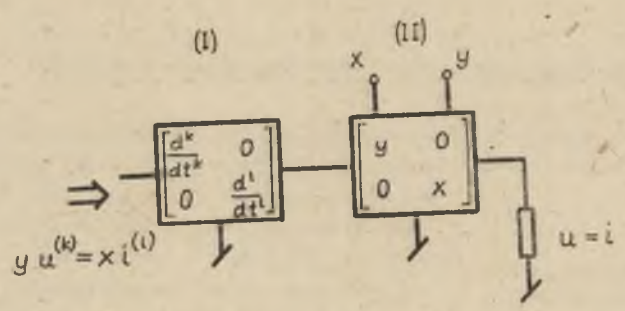
Rys. 3

cje dwójników jednostronnie i dwustronnie parametrycznych przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

Blok (I) może być autotorem [1] lub uogólnionym konwertorem impedancyjnym [2] [3], natomiast blok (II) można zrealizować w postaci konwertora impedancyjnego sterowanego [4] lub inwertora impedancyjnego sterowanego [5].



Rys. 4

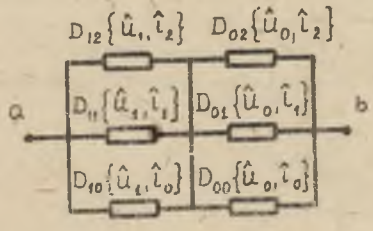


Rys. 5

4. Przykład modelowania

Należy zamodelować dwójnik parametryczny opisany równaniem

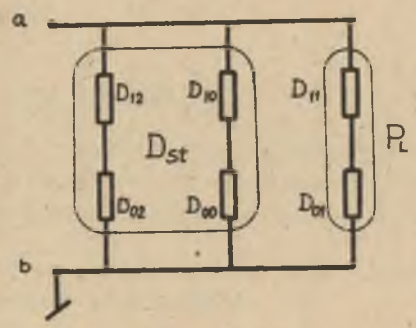
$$f_2u'' + f_1(t)u' + f_0u = g_1i' + g_0i. \tag{4}$$



Rys. 6

Odpowiadająca mu sieć podstawowa przedstawiona jest na rys. 6. Dwójniki niestacjonarne zawiera tylko wiersz drugi, zatem korzystniejsza jest realizacja modelu dwójnika (4) w postaci sieci pochodnej takiej jak przedstawiona na rys. 7.

Realizacja praktyczna tej sieci z zastosowaniem uogólnionego konwertora impedancyjnego (GIC) i konwertora impedancyjnego sterowanego (KIS), przedstawiona jest na rys. 8, przy czym GIC opisują równania:

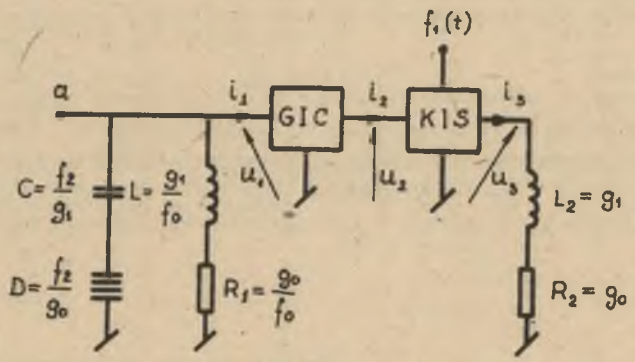


Rys. 7

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= \frac{d}{dt} u_2 \\ i_1 &= i_2 \end{aligned}\right\}.$$

a KIS równania:

$$\left.\begin{aligned} u_2 &= f_1(t) u_3 \\ i_2 &= i_3 \end{aligned}\right\}.$$



Rys. 8

LITERATURA

[1] CHUA L.O.: Synthesis of New Nonlinear Network Elements. Procc. IEEE. August 1968.

[2] BRUTON L.T.: Non - ideal performance of a class of two- amplifier positive impedance converters. IEEE Trans. Circuit Theory, Nov. 1969.

[3] BRUTON L.T.: Biquadratic Sections using Generalized Impedance Converters. The Radio and Electronic Engineer. November 1971.

[4] TOPÓR-KAMIŃSKI L.: Konwertor impedancyjny sterowany. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Elektryka z. 60, Gliwice 1978.

[5] TOPÓR-KAMIŃSKI L.: Inwertor impedancyjny sterowany. Zeszyty Naukowe Pol. Śląskiej, Automatyka (w druku).

[6] BOGUCKI M.: Analiza i synteza pewnej klasy liniowych obwodów zmiennych okresowo. Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii. Politechnika Wrocławska. Komunikat K-141, 1978.

Wpłynęło do Redakcji w maju 1980 r.

Recenzent:
Doc. dr hab. Marian Bogucki

МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Р е з ю м е

В статье представлен метод моделирования линейных параметрических двухполюсников путем разложения на последовательно-параллельное соединение более простых двухполюсников, описанных простыми дифференциальными операторами высших порядков. Представлены некоторые свойства, полученных таким образом замещающих цепей и пример возможной реализации двухполюсника второго порядка.

MODELING OF ACTIVE TIME-VARYING CIRCUITS

S u m m a r y

The method of modelling of linear time varying two-poles by means of their decomposition into series-parallel connection of simple two-poles described by single differential operators of higher orders was presented The properties of the obtained substitute circuits were given.The example of the possible realization of the second order network was shown.