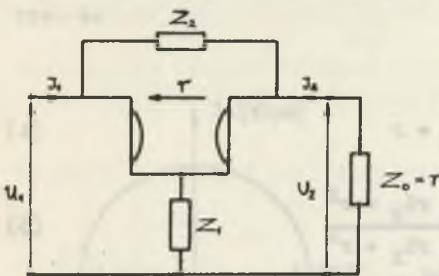


Zygmunt Garczarczyk, Marian Pasko

Instytut Podstawowych Problemów
Elektrotechniki i EnergoelektronikiREALIZACJA KOREKTORÓW FAZOWYCH
PRZY ZASTOSOWANIU ŻYRATORA

Streszczenie. Przedstawiono analizę układu złożonego z żyratora i dwóch dwójników pasywnych. Pokazano w oparciu o ten układ możliwość realizacji korektorów fazowych. Zamieszczono również wyniki pomiarów dla skonstruowanych korektorów fazowych I i II rzędu.

W artykule przedstawiono realizację korektorów fazowych I i II rzędu. Rozważany układ (rys. 1) zbudowany jest z żyratora i elementów RC. W układzie tym możliwa jest realizacja zer transmitancji leżących w prawej półpłaszczyźnie [1].



Rys. 1

Założmy, że żyrator jest idealny, a więc jego macierz impedancyjna jest następująca.

$$[Z] = \begin{bmatrix} 0 & r \\ -r & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

gdzie:

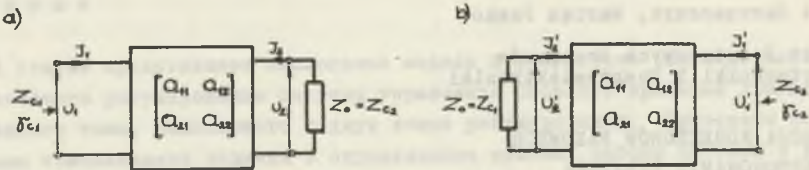
r - rezystancja żyracji.

Idealny żyrator jest czwórnikiem pasywnym i nieodwracalnym.

Przyjęcie żyratora idealnego pozwala prosto i przejrzysto przedstawić własności omawianego układu, tym bardziej że najnowsze konstrukcje żyratorów mają własności zbliżone do idealnego [2]. Macierz łańcuchowa układu przedstawionego na rys. 1 ma postać

$$[A] = \begin{bmatrix} \frac{Z_1 Z_2 + r^2}{(Z_1 - r)Z_2 + r^2} & \frac{r^2 Z_2}{(Z_1 - r)Z_2 + r^2} \\ \frac{Z_2}{(Z_1 - r)Z_2 + r^2} & \frac{Z_1 Z_2 + r^2}{(Z_1 - r)Z_2 + r^2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Impedancje charakterystyczne i współczynniki przenoszenia dowolnego czwórnik pasywnego (rys. 2) są określone następującymi związkami [3], [6] które są wielkościami operatorowymi.



Rys. 2

$$Z_{C1} = \sqrt{\frac{a_{11}a_{22}}{a_{21}a_{12}}}; \quad Z_{C2} = \sqrt{\frac{a_{12}a_{22}}{a_{21}a_{11}}}$$

$$\vartheta_{C1} = \frac{1}{2} \ln \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2} \Big|_{Z_0 = Z_{C2}} = \ln \left(\sqrt{a_{11}a_{22}} + \sqrt{a_{12}a_{21}} \right) \quad (3)$$

$$\vartheta_{C2} = \frac{1}{2} \ln \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2} \Big|_{Z_0 = Z_{C1}} = -\ln \left(\sqrt{a_{11}a_{22}} - \sqrt{a_{12}a_{21}} \right)$$

W rozważanym przypadku otrzymujemy

$$Z_{C1} = Z_{C2} = r \quad (4)$$

$$\vartheta_{C1} = \ln \frac{Z_1 Z_2 + r Z_2 + r^2}{Z_1 Z_2 - r Z_2 + r^2} \quad (5)$$

$$\vartheta_{C2} = 0 \quad (6)$$

Dla czwórnik obciążonego impedancją charakterystyczną zachodzi

$$\frac{U_2}{U_1} = e^{-\vartheta_{C1}}; \quad \frac{U_2'}{U_1'} = e^{-\vartheta_{C2}} \quad (7)$$

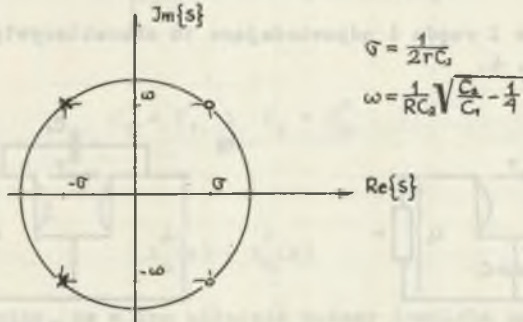
Niech

$$Z_1 = \frac{1}{sC_1}; \quad Z_2 = \frac{1}{sC_2}$$

wtedy transmitancja napięciowa

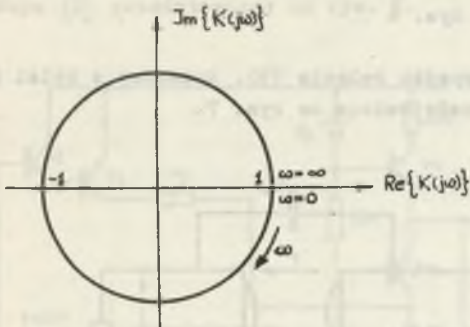
$$K_u(s) = \frac{U_2}{U_1} \Big|_{Z_0=r} = \frac{1 - rC_1s + r^2C_1C_2s^2}{1 + rC_1s + r^2C_1C_2s^2} = \frac{(s - s_1)(s - s_1^*)}{(s - s_2)(s - s_2^*)} \quad (8)$$

Rozkład zer i biegunów transmitancji $K_u(s)$ przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3

Charakterystyka Nyquista transmitancji $K_u(j\omega)$ ma postać pokazaną na rys. 4.



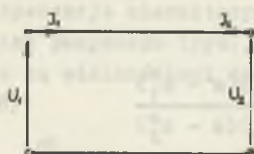
Rys. 4

Z rys. 4 wynika, że rozważany układ jest korektorem fazowym II rzędu.

Biorąc pod uwagę relację (6) i (7) otrzymujemy

$$K_u(s) = \frac{U_2}{U_1} \Big|_{Z_0=r} = 1 \quad (9)$$

Ze wzoru (9) wynika, że przy przesyle energii zgodnym z kierunkiem żyracji układ jest równoważny czwórnikowi zdegenerowanemu, przedstawionemu na rys. 5.



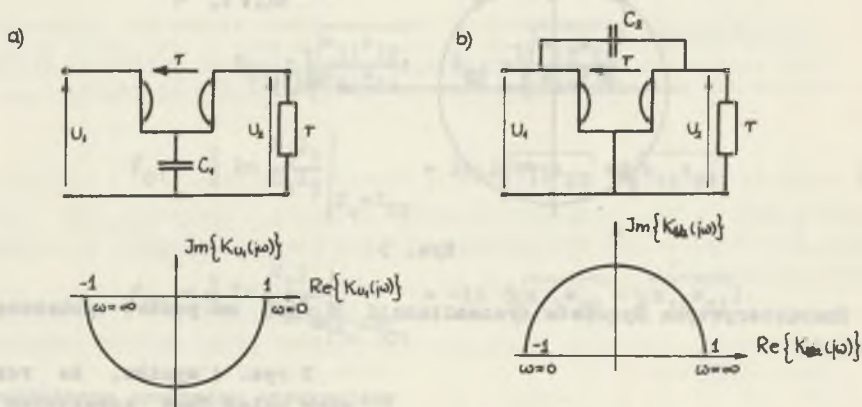
Rys. 5

Korektor fazowy I rzędu otrzymamy łatwo kładąc we wzorze (8)

$$a) C_2 = 0 \quad K_{u_1}(s) = \frac{1 - rC_1s}{1 + rC_1s} \quad (10)$$

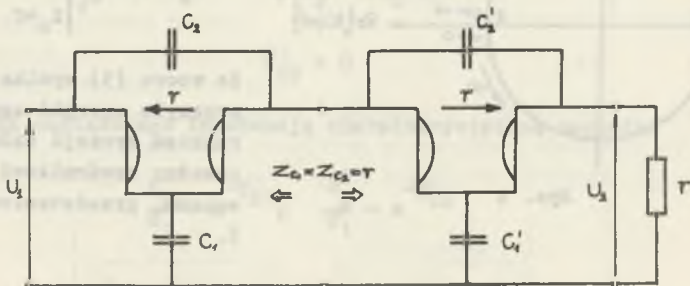
$$b) C_1 = \infty \quad K_{u_2}(s) = \frac{rC_2s - 1}{rC_2s + 1} \quad (11)$$

Korektory fazowe I rzędu i odpowiadające im charakterystyki Nyquista przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6

Oczywiście słuszna jest w tym przypadku relacja (9). Rozważmy z kolei połączenie kaskadowe czwórników, przedstawione na rys. 7.



Rys. 7

Można wykazać biorąc pod uwagę związki (4), (5) i (6), że

$$K_u(s) = \frac{U_2}{U_1} \Big|_{Z_0=r} = \frac{1 - rC_1s + r^2C_1C_2s^2}{1 + rC_1s + r^2C_1C_2s^2} \quad (12)$$

$$K_u'(s) = \frac{U_2'}{U_1'} \Big|_{Z_0=r} = \frac{1 - rC_1's + r^2C_1'C_2's^2}{1 + rC_1's + r^2C_1'C_2's^2} \quad (13)$$

Gdy

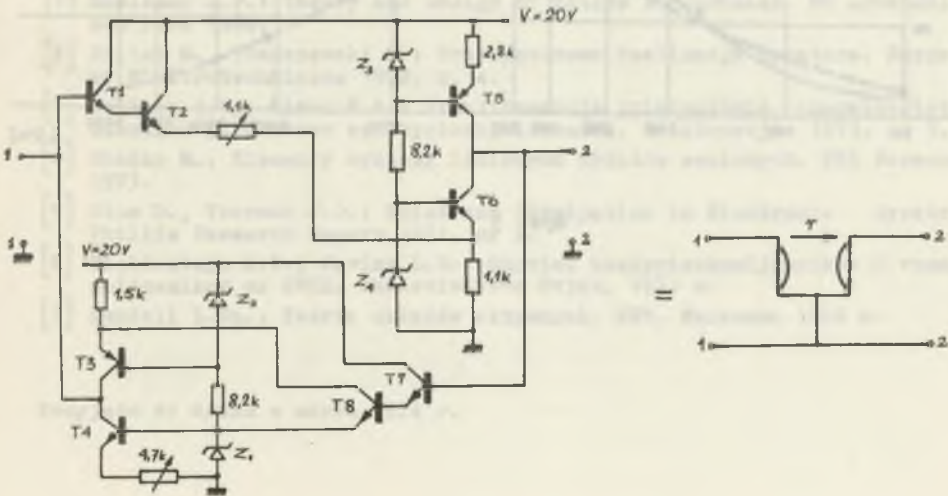
$$C_1 = C_1' \quad \text{i} \quad C_2 = C_2'$$

wtedy

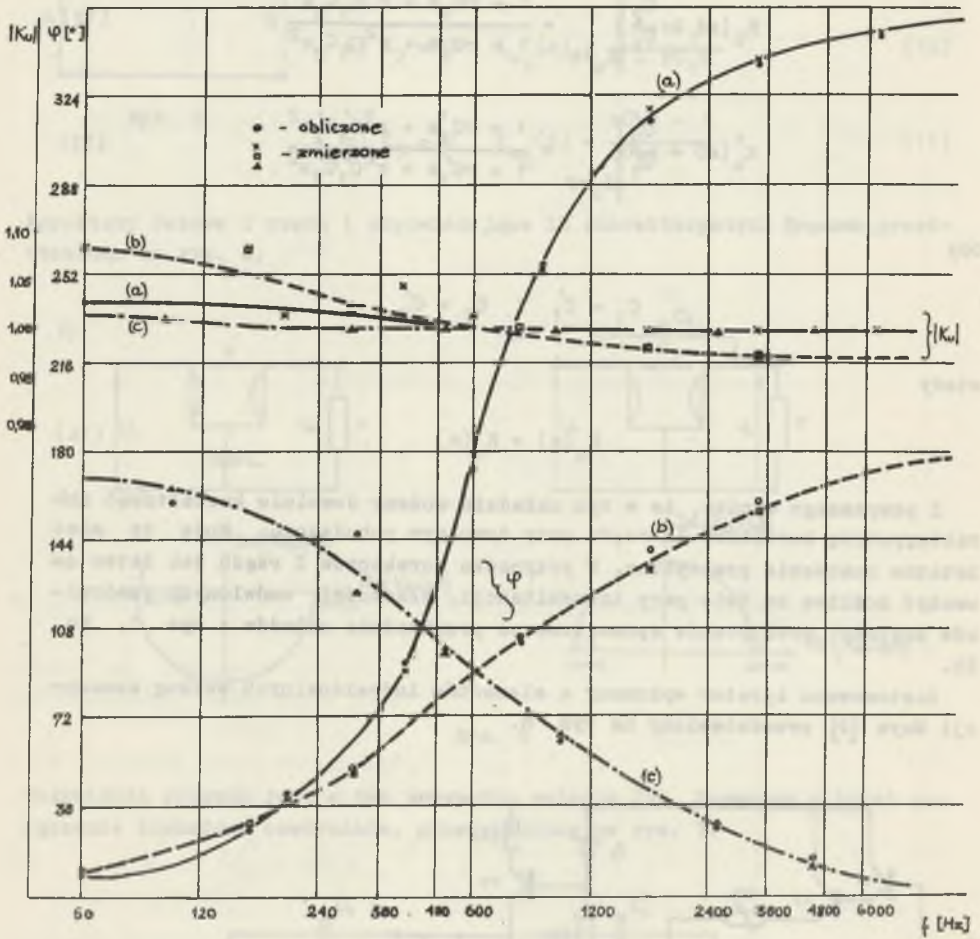
$$K_u(s) = K_u'(s) \quad (14)$$

Z powyższego wynika, że w tym układzie możemy dowolnie kształtować charakterystykę korektora II rzędu przy dowolnym pobudzeniu. Może to mieć istotne znaczenie praktyczne. W przypadku korektorów I rzędu jak łatwo zauważyć możliwe są dwie pary transmitancji. Własności omówionych czwórników zostały praktycznie sprawdzone na przykładzie układów z rys. 1, 6a, 6b.

Zastosowano zyrator wykonany z elementów indywidualnych według koncepcji Maya [2] przedstawiony na rys. 8.



Rys. 8



Rys. 9

Rezystancja żyracji wykonanego żyratora wynosiła $r = 1,3 \text{ k}\Omega$, a maksymalna dobroć $Q = 46$.

Pomiary wykonano dla przypadków:

$$\text{a) } C_1 = C_2 = 0,2 \mu\text{F}$$

$$\text{b) } C_1 = 0,2 \mu\text{F}, \quad C_2 = 0 \mu\text{F}$$

$$\text{c) } C_1 = \infty, \quad C_2 = 0,2 \mu\text{F}.$$

Otrzymane wyniki przedstawiono na rys. 9.

Wnioski końcowe

Widać zgodność własności układów rzeczywistych z przewidywaniami teoretycznymi.

Omówiona metoda realizacji korektorów fazowych wydaje się być przydatną do zastosowań technicznych głównie ze względu na małą czułość układów żyratorowych i ich stabilną pracę, możliwość realizacji w postaci scalonej [4].

W artykule pominięto wpływ niezerowych wartości elementów Z_{11} i Z_{22} macierzy impedancyjnej żyratora, jego własności częstotliwościowych i szumowych. Są to zagadnienia oddzielne, związane z konstrukcją samego żyratora i posiadające obszerną literaturę [2], [5].

LITERATURA

- [1] Huelsman L.P.: Theory and Design of Active RC Circuits. Mc Graw-Hill, New York 1968.
- [2] Białko M., Tomaszewski Z.: Tranzystorowa realizacja żyratora. Rozprawy Elektrotechniczne 1972, z. 4.
- [3] Zeliach E.V., Kisel V.A.: Praktičeskoe primienienie charakterističeskich parametrov czetyriečhopoljusnika. Elektrosvjaz 1973, nr 1.
- [4] Białko M.: Elementy syntezy liniowych układów scalonych. WKŁ Warszawa 1973.
- [5] Blom D., Voorman J.O.: Noise and Dissipation in Electronic Gyator. Phillis Research Report 1971, nr 2.
- [6] Fieldsztejn A.Ł., Javicz Ł.R.: Sintiez czetyriečhopoljusnikov i vosmi-poljusnikov na SVCZ. Izdrietielstvo Svjaz, 1971 r.
- [7] Kendall L.Su.: Teoria układów aktywnych. WNT, Warszawa 1969 r.

Przyjęto do druku w marcu 1974 r.

ФАЗОВЫЕ КОРРЕКТОРЫ НА ОСНОВЕ ГИРАТОРА

Резюме

В статье изложены результаты анализа системы, состоящей из гиратора и двух пассивных двухполюсников. Показано, что на основе этой системы можно реализовать фазовые корректоры. Приводятся также результаты измерений для фазовых корректоров первого и второго порядка.

REALIZATION OF PHASE EQUALIZERS BY APPLICATION OF A GYRATOR

Summary

In the paper a gyrator circuit with two passive one-port networks is analysed. Basing on this system the possibility of realization of phase equalizers is shown. The results of measurements for phase equalizers of the first and second order are also included.