

Lucjan **KARWAN**
Andrzej **KUKIEŁKA**

Institut Elektroniki
Politechniki Śląskiej

ANALIZA WRAŻLIWOŚCIOWA OBWODÓW Z CZWÓRNIKAMI

Streszczenie. W artykule rozszerzono zagadnienia wrażliwości obwodów podobnych. Podano związki między wrażliwościami transmitancji odpowiednich parametrów czwórnikowych w różnych strukturach połączeń. Zaobserwowano, w jaki sposób transformują się połączenia czwórników dualnych i jak zachowują się ich struktury wewnętrzne. Porównano aktywne filtry RC ze wzmacniaczami napięciowymi oraz prądowymi, opartymi na CCII (-), a także znaleziono podobieństwo odpowiednich transmitancji i wrażliwości.

SENSITIVITY ANALYSIS OF NETWORKS WITH TWO-PORTS

Summary. In this paper sensitivity calculations of similarity networks have been extended. Relations of sensitivities of voltage and current transmittances in two-ports networks with different structures, represented by different two-ports parameters have been presented. The transform of connections for dual two-ports networks and change of their internal structures have been noticed. Active RC filters with voltage and current amplifiers based on CCII (-) have been compared. The similarity of transmittances and sensitivities in this circuits have been shown.

EMPFINDLICHKEITSANALYSE DER NETZWERKE MIT VIERPOLEN

Zusammenfassung. Im Beitrag wurde die Empfindlichkeitsproblematik dualer elektrischer Netzwerke erweitert. Die Zusammenhänge zwischen den Empfindlichkeiten der Vierpolparameter für verschiedene Kopplungsstrukturen wurden gegeben. Es wurde beobachtet, wie die Kopplungen oder Kombinationen dualer Vierpole transformiert und ihre Innenstrukturen geändert werden. Als Beispiel wurden die Übertragungseigenschaften eines aktiven RC-Filters mit einem auf Strom-conveyor basierenden Filter verglichen.

1. Wprowadzenie

W teorii obwodów elektrycznych często spotyka się obwody o podobnych strukturach lub właściwościach. Podobieństwo to spowodowało dokonanie podziału tych obwodów uwzględniając ich cechy.

Przez podobieństwo rozumie się ścisłą zależność między określonymi właściwościami dwóch obwodów. Przykładem mogą być obwody dualne, znane od lat w postaci tradycyjnej, jak i uogólnionej. Zauważono też, że wiele funkcji układowych, takich jak impedancje czy immitancje, ma identyczną postać. Rozszerzono to w sposób naturalny na obwody, w których obowiązują podobne zależności dla transmitancji i immitancji.

Prace [8], [9] rozwinęły istniejącą teorię o dowolne zespolone wartości impedancji inwersji i stałej konwersji. Podano tam związki zachodzące między prądami, napięciami i transmitancjami dla czterech typów podobieństwa. Ogólnie, gdy znamy związki zachodzące pomiędzy wielkościami elektrycznymi w obwodach oryginalnych, to na podstawie tej teorii znamy także związki między wielkościami elektrycznymi obwodów podobnych.

Przykładem zastosowania tej teorii jest przechodzenie z układów z tranzystorami bipolarnymi na układy z tranzystorami polowymi - zamiana sterowania prądowego na napięciowe, czyli dualność. Następnym przykładem jest transformacja skoliigacjana z inwersją w układach filtrów RC na CR, która daje przekształcenie filtra dolno-przepustowego na górnoprzepustowy, przy zachowaniu elementów wzmacniających (w tej samej strukturze zmienia się elementy R na C i C na R).

W pracach [1], [2], [3] rozszerzono teorię podobieństwa na zagadnienia wrażliwościowe.

Należy tu rozgraniczyć pojęcia równoważności i podobieństwa. Pojęcie równoważności dotyczy szukania równoważnych elementów o tej samej liczbie zacisków i równoważnych parametrach elektrycznych na zaciskach. Natomiast teoria podobieństwa [9] opiera się na podobieństwie topologicznym obwodów (dualnym lub skoliigacjanym) oraz związkach pomiędzy impedencjami elementów, co prowadzi do ścisłych zależności pomiędzy odpowiednimi transmitancjami.

2. Definicje podobieństw strukturalnych, inwersja i konwersja impedancji oraz związki transmitacyjne i wrażliwościowe dla poszczególnych typów podobieństwa

Każdy liniowy obwód elektryczny składa się z pewnych elementów, połączonych w określony sposób i mających określone parametry. Sposób połączenia ze sobą elementów (czyli topologia lub struktura obwodu) oraz wartości poszczególnych impedancji według przytaczanej teorii można uznać za podstawowe cechy obwodów i wykorzystać do zdefiniowania ich wzajemnego podobieństwa.

Obwodami podobnymi nazwiemy więc takie obwody, które wykazują podobieństwo topologiczne i dla których zachodzi określony związek między impedancjami odpowiednich elementów.

Dwa obwody mogą być podobne strukturalnie na dwa sposoby:

I - Obwody są strukturalnie *dualne*, jeżeli każdemu węzłowi A' , w którym schodzi się n gałęzi pierwszego obwodu, odpowiada oczko a'' drugiego obwodu, złożone z n gałęzi, i odpowiednio każdemu oczku b' pierwszego obwodu odpowiada węzeł B'' drugiego obwodu; każdemu elementowi k' pierwszego obwodu, dochodzącemu do węzła A' , odpowiada element k'' drugiego obwodu leżący w oczku a'' .

II - Obwody są strukturalnie *jednakowe* (*skoligacone*), jeżeli każdemu węzłowi A' pierwszego obwodu odpowiada identyczny węzeł A'' drugiego obwodu, podobnie każdemu oczku b' pierwszego obwodu odpowiada identyczne oczko b'' drugiego obwodu; elementowi k' pierwszego obwodu odpowiada identycznie położony element k'' obwodu drugiego.

Impedancje odpowiadających sobie elementów (gałęzi) k' oraz k'' obu obwodów podobnych mogą być ze sobą związane jedną z dwóch zależności:

a - inwersją impedancji wyrażoną wzorem:

$$Z_k' * Z_k'' = Z_i^2, \text{ gdzie } Z_i^2 - \text{impedancja inwersji,}$$

b - konwersją impedancji wyrażoną wzorem:

$$\frac{Z_k'}{Z_k''} = A, \text{ gdzie } A - \text{stała konwersji impedancji,}$$

Z_k' ; Z_k'' - impedancje elementów k' i k'' obwodu pierwszego i drugiego.

Przytoczyć można określone związki transmitacyjne i wrażliwościowe wyprowadzone dla oryginału i czterech typów obwodów podobnych; ich szczegółowa analiza przeprowadzona została w pracach [1], [2], [3] i [9].

Przyjęto następującą konwencję - obwód oryginalny jest obwodem primowanym, obwód podobny jest obwodem bisowanym.

Obwody podobne typu dla (dualne z inwersją impedancji)

$$K_U'' = K_I' \quad K_I'' = K_U'$$

$$S_{Y_K}^{K_I''} = -S_{Y_K}^{K_U'} \quad \text{oraz} \quad S_{Y_K}^{K_U''} = -S_{Y_K}^{K_I'}$$

Obwody podobne typu Ib (dualne z konwersją impedancji)

$$K_U'' = i(K_I') \quad K_I'' = i(K_U')$$

$$S_{Y_K}^{K_I''} = -i(S_{Y_K}^{K_U'}) \quad \text{oraz} \quad S_{Y_K}^{K_U''} = -i(S_{Y_K}^{K_I'})$$

Obwody podobne typu IIa (skoligacone z inwersją impedancji)

$$K_U'' = i(K_U') \quad K_I'' = i(K_I')$$

$$S_{Y_K}^{K_U''} = i(S_{Y_K}^{K_U'}) \quad \text{oraz} \quad S_{Y_K}^{K_I''} = i(S_{Y_K}^{K_I'})$$

Obwody podobne typu IIb (skoligacone z inwersją impedancji)

$$K_U'' = K_U' \quad K_I'' = K_I'$$

$$S_{Y_K}^{K_U''} = S_{Y_K}^{K_U'} \quad \text{oraz} \quad S_{Y_K}^{K_I''} = S_{Y_K}^{K_I'}$$

3. Analiza wrażliwościowa czwórników podobnych

W niniejszej pracy poddano analizie wrażliwościowej obwody podobne oraz przeniesiono znane dotychczas związki wrażliwościowe na układy z czwórnikami, a w szczególności rozpatrzono następujące zagadnienia:

- * poddano szczegółowej analizie czwórniki podobne,
- * odszukano możliwe związki wrażliwościowe między parametrami macierzy czwórnikowych w różnych strukturach połączeń,
- * zaobserwowano sposób transformacji połączeń czwórników w obwodach dualnych,
- * zaobserwowano także, jak zachowują się struktury wewnętrzne tychże czwórników.

Wnioski dotyczące analizy czwórników podobnych zostały zebrane w kolejnych tablicach.

Tablica 1

RÓWNOLEGŁE POŁĄCZENIE CZWÓRNIKÓW - ZWIĄZKI MIĘDZY OBWODAMI PODOBNYMI A ORYGINAŁEM				
RODZAJ PODOBIENSTWA	DUALNE Z INWERSJĄ IMPEDANCJI Ia	DUALNE Z KONWERSJĄ IMPEDANCJI Ib	SKOLIGACONE Z INWERSJĄ IMPEDANCJI IIa	SKOLIGACONE Z KONWERSJĄ IMPEDANCJI IIb
TYP POŁĄCZENIA CZWÓRNIKÓW	SZEREGOWE	SZEREGOWE	RÓWNOLEGŁE	RÓWNOLEGŁE
STRUKTURY WEWNĘTRZNE CZWÓRNIKÓW	DUALNA	DUALNA	SKOLIGACONA	SKOLIGACONA

Wrażliwość względna transmitancji napięciowej na zmianę k-tej impedancji - związki między odpowiednimi parametrami czwórnikowymi obwodu podobnego i oryginału przedstawia tablica 1a.

Tablica 1a

la	lb	IIa	IIb
$S_{Z_k}^{K_U} = S_{Z_{11}}^{K_U} \cdot S_{Z_k}^{Z_{11}} + S_{Z_{21}}^{K_U} \cdot S_{Z_k}^{Z_{21}}$ $\Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow$ $S_{Y_k}^{K_I} = S_{G_{11}}^{K_I} \cdot S_{Y_k}^{G_{11}} + S_{G_{21}}^{K_I} \cdot S_{Y_k}^{G_{21}}$		$S_{Y_k}^{K_U} = S_{G_{21}}^{K_U} \cdot S_{Y_k}^{G_{21}} + S_{G_{22}}^{K_U} \cdot S_{Y_k}^{G_{22}}$ $\Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow$ $S_{Y_k}^{K_U} = S_{G_{21}}^{K_U} \cdot S_{Y_k}^{G_{21}} + S_{G_{22}}^{K_U} \cdot S_{Y_k}^{G_{22}}$	
$S_{Z_{11}}^{K_U} = S_{G_{11}}^{K_I} = -1 \quad S_{Z_{21}}^{K_U} = S_{G_{21}}^{K_I} = 1$		$S_{G_{22}}^{K_U} = S_{D_{22}}^{K_U} = -1 \quad S_{G_{21}}^{K_U} = S_{G_{21}}^{K_I} = 1$	
$S_{Z_k}^{Z_{21}} = -S_{Z_k}^{G_{21}}$	$S_{Z_k}^{Z_{21}} = -i(S_{Z_k}^{G_{21}})$	$S_{Z_k}^{G_{21}} = i(S_{Z_k}^{G_{21}})$	$S_{Z_k}^{G_{21}} = S_{Z_k}^{G_{21}}$
$S_{Z_k}^{Z_{11}} = -S_{Z_k}^{G_{11}}$	$S_{Z_k}^{Z_{11}} = -i(S_{Z_k}^{G_{11}})$	$S_{Z_k}^{G_{22}} = i(S_{Z_k}^{G_{22}})$	$S_{Z_k}^{G_{22}} = S_{Z_k}^{G_{22}}$

Wrażliwość względna transmitancji prądowej na zmianę k-tej impedancji - związku między odpowiednimi parametrami czwórnikowymi obwodu podobnego i oryginału podaje tablica 1b.

Tablica 1b

la	lb	IIa	IIb
$S_{Z_k}^{K_I} = S_{Z_{21}}^{K_I} \cdot S_{Z_k}^{Z_{21}} + S_{Z_{22}}^{K_I} \cdot S_{Z_k}^{Z_{22}}$ $\Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow$ $S_{Y_k}^{K_U} = S_{G_{21}}^{K_U} \cdot S_{Y_k}^{G_{21}} + S_{G_{22}}^{K_U} \cdot S_{Y_k}^{G_{22}}$		$S_{Y_k}^{K_I} = S_{G_{11}}^{K_I} \cdot S_{Y_k}^{G_{11}} + S_{G_{21}}^{K_I} \cdot S_{Y_k}^{G_{21}}$ $\Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow$ $S_{Y_k}^{K_I} = S_{G_{11}}^{K_I} \cdot S_{Y_k}^{G_{11}} + S_{G_{21}}^{K_I} \cdot S_{Y_k}^{G_{21}}$	
$S_{Z_{22}}^{K_I} = S_{G_{22}}^{K_U} = -1 \quad S_{Z_{21}}^{K_I} = S_{G_{21}}^{K_U} = 1$		$S_{G_{22}}^{K_U} = S_{G_{22}}^{K_U} = -1 \quad S_{G_{21}}^{K_U} = S_{G_{21}}^{K_U} = 1$	
$S_{Z_k}^{Z_{21}} = -S_{Z_k}^{G_{21}}$	$S_{Z_k}^{Z_{21}} = -i(S_{Z_k}^{G_{21}})$	$S_{Z_k}^{G_{21}} = i(S_{Z_k}^{G_{21}})$	$S_{Z_k}^{G_{21}} = S_{Z_k}^{G_{21}}$
$S_{Z_k}^{Z_{22}} = -S_{Z_k}^{G_{22}}$	$S_{Z_k}^{Z_{22}} = -i(S_{Z_k}^{G_{22}})$	$S_{Z_k}^{G_{11}} = i(S_{Z_k}^{G_{11}})$	$S_{Z_k}^{G_{11}} = S_{Z_k}^{G_{11}}$

Tablica 2

SZEREGOWE POŁĄCZENIE CZWÓRNIKÓW - ZWIĄZKI MIĘDZY OBWODAMI PODOBNYMI A ORYGINAŁEM				
RODZAJ PODOBIENSTWA	DUALNE Z INWERSJĄ IMPEDANCJI Ia	DUALNE Z KONWERSJĄ IMPEDANCJI Ib	SKOLIGACONE Z INWERSJĄ IMPEDANCJI Ila	SKOLIGACONE Z KONWERSJĄ IMPEDANCJI Ilb
TYP POŁĄCZENIA CZWÓRNIKÓW	RÓWNOLEGLĘ	RÓWNOLEGLĘ	SZEREGOWE	SZEREGOWE
STRUKTURY WEWNĘTRZNE CZWÓRNIKÓW	DUALNA	DUALNA	SKOLIGACONA	SKOLIGACONA

Wrażliwość względna transmitancji napięciowej na zmianę k-tej impedancji - związki między odpowiednimi parametrami czwórnikowymi obwodu podobnego i oryginału przedstawia tablica 2a.

Tablica 2a

Ia	Ib	Ila	Ilb
$S_{Y_k}^{K'U} = S_{G_{21}}^{K'U} \cdot S_{Y_k}^{G'_{21}} + S_{G_{22}}^{K'U} \cdot S_{Y_k}^{G'_{22}}$ $\Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow$ $S_{Z_k}^{K'_I} = S_{Z'_{21}}^{K'_I} \cdot S_{Z_k}^{Z'_{21}} + S_{Z'_{22}}^{K'_I} \cdot S_{Y_k}^{Z'_{22}}$		$S_{Z_k}^{K'U} = S_{Z'_{11}}^{K'U} \cdot S_{Z_k}^{Z'_{11}} + S_{Z'_{21}}^{K'U} \cdot S_{Z_k}^{Z'_{21}}$ $\Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow$ $S_{Z_k}^{K'_U} = S_{Z'_{11}}^{K'_U} \cdot S_{Z_k}^{Z'_{11}} + S_{Z'_{21}}^{K'_U} \cdot S_{Z_k}^{Z'_{21}}$	
$S_{G'_{22}}^{K'U} = S_{Z'_{22}}^{K'_I} = -1 \quad S_{G'_{21}}^{K'U} = S_{Z'_{21}}^{K'_I} = 1$		$S_{Z'_{11}}^{K'U} = S_{Z'_{11}}^{K'_U} = -1 \quad S_{Z'_{21}}^{K'U} = S_{Z'_{21}}^{K'_U} = 1$	
$S_{Z_k}^{G'_{21}} = -S_{Z_k}^{Z'_{21}}$	$S_{Z_k}^{G'_{21}} = -j \left(S_{Z_k}^{Z'_{21}} \right)$	$S_{Z_k}^{Z'_{21}} = j \left(S_{Z_k}^{Z'_{21}} \right)$	$S_{Z_k}^{Z'_{21}} = S_{Z_k}^{Z'_{21}}$
$S_{Z_k}^{G'_{22}} = -S_{Z_k}^{Z'_{22}}$	$S_{Z_k}^{G'_{22}} = -j \left(S_{Z_k}^{Z'_{22}} \right)$	$S_{Z_k}^{Z'_{11}} = j \left(S_{Z_k}^{Z'_{11}} \right)$	$S_{Z_k}^{Z'_{11}} = S_{Z_k}^{Z'_{11}}$

Wrażliwość względna transmitancji prądowej na zmianę k-tej impedancji - związki między odpowiednimi parametrami czwórnikowymi obwodu podobnego i oryginału podaje tablica 2b.

Tablica 2b

Ia		Ib		IIa		IIb	
$S_{Y_k}^{K_j''} = S_{G_{11}}^{K_j''} \cdot S_{Y_k}^{G_{11}''} + S_{G_{21}}^{K_j''} \cdot S_{Y_k}^{G_{21}''}$		$S_{Y_k}^{K_j''} = S_{Z_{11}}^{K_j''} \cdot S_{Y_k}^{Z_{11}''} + S_{Z_{21}}^{K_j''} \cdot S_{Y_k}^{Z_{21}''}$		$S_{Z_k}^{K_j''} = S_{Z_{11}}^{K_j''} \cdot S_{Z_k}^{Z_{11}''} + S_{Z_{21}}^{K_j''} \cdot S_{Z_k}^{Z_{21}''}$		$S_{Z_k}^{K_j''} = S_{Z_{11}}^{K_j''} \cdot S_{Z_k}^{Z_{11}''} + S_{Z_{21}}^{K_j''} \cdot S_{Z_k}^{Z_{21}''}$	
$S_{Z_k}^{K_j'} = S_{Z_{11}}^{K_j'} \cdot S_{Z_k}^{Z_{11}'} + S_{Z_{21}}^{K_j'} \cdot S_{Z_k}^{Z_{21}'}$		$S_{Z_k}^{K_j'} = S_{Z_{11}}^{K_j'} \cdot S_{Z_k}^{Z_{11}'} + S_{Z_{21}}^{K_j'} \cdot S_{Z_k}^{Z_{21}'}$		$S_{Z_k}^{K_j'} = S_{Z_{11}}^{K_j'} \cdot S_{Z_k}^{Z_{11}'} + S_{Z_{21}}^{K_j'} \cdot S_{Z_k}^{Z_{21}'}$		$S_{Z_k}^{K_j'} = S_{Z_{11}}^{K_j'} \cdot S_{Z_k}^{Z_{11}'} + S_{Z_{21}}^{K_j'} \cdot S_{Z_k}^{Z_{21}'}$	
$S_{G_{11}}^{K_j''} = S_{Z_{11}}^{K_j'} = -1$		$S_{G_{21}}^{K_j''} = S_{Z_{21}}^{K_j'} = 1$		$S_{Z_{22}}^{K_j''} = S_{Z_{22}}^{K_j'} = -1$		$S_{Z_{21}}^{K_j''} = S_{Z_{21}}^{K_j'} = 1$	
$S_{Z_k}^{G_{21}''} = -S_{Z_k}^{Z_{21}'}$		$S_{Z_k}^{G_{21}''} = -j \left(S_{Z_k}^{Z_{21}'} \right)$		$S_{Z_k}^{Z_{21}''} = j \left(S_{Z_k}^{Z_{21}'} \right)$		$S_{Z_k}^{Z_{21}''} = S_{Z_k}^{Z_{21}'}$	
$S_{Z_k}^{G_{11}''} = -S_{Z_k}^{Z_{11}'}$		$S_{Z_k}^{G_{11}''} = -j \left(S_{Z_k}^{Z_{11}'} \right)$		$S_{Z_k}^{Z_{22}''} = j \left(S_{Z_k}^{Z_{22}'} \right)$		$S_{Z_k}^{Z_{22}''} = S_{Z_k}^{Z_{22}'}$	

Tablica 3

KASKADOWE POŁĄCZENIE CZWÓRNIKÓW - ZWIĄZKI MIĘDZY OBWODAMI PODOBNYMI A ORYGINAŁEM				
RODZAJ PODOBIENSTWA	DUALNE Z INWERSJĄ IMPEDANCJI Ia	DUALNE Z KONWERSJĄ IMPEDANCJI Ib	SKOLIGACONE INWERSJĄ IMPEDANCJI IIa	SKOLIGACONE Z KONWERSJĄ IMPEDANCJI IIa
TYP POŁĄCZENIA CZWÓRNIKÓW	KASKADOWE	KASKADOWE	KASKADOWE	KASKADOWE
STRUKTURY WEWNĘTRZNE CZWÓRNIKÓW	DUALNA	DUALNA	SKOLIGACONA	SKOLIGACONA

Wrażliwość względna transmitancji napięciowej na zmianę k-tej impedancji - związki między odpowiednimi parametrami czwórnikowymi obwodu podobnego i oryginału podaje tablica 3a.

Tablica 3a

la	lb	IIa	IIb
$S_{Z_k}^{K_U} = S_{A_{11}}^{K_U} \cdot S_{Z_k}^{A_{11}}$ $\Downarrow \quad \Downarrow$ $S_{Z_k}^{K_I} = S_{A_{22}}^{K_I} \cdot S_{Z_k}^{A_{22}}$		$S_{Z_k}^{K_U} = S_{A_{11}}^{K_U} \cdot S_{Z_k}^{A_{11}}$ $\Downarrow \quad \Downarrow$ $S_{Z_k}^{K_U} = S_{A_{11}}^{K_U} \cdot S_{Z_k}^{A_{11}}$	
$S_{A_{11}}^{K_U} = S_{A_{22}}^{K_I} = -1$		$S_{A_{11}}^{K_U} = S_{A_{11}}^{K_U} = -1$	
$S_{Z_k}^{A_{11}} = -S_{Z_k}^{A_{22}}$	$S_{Z_k}^{A_{11}} = -j \left(S_{Z_k}^{A_{22}} \right)$	$S_{Z_k}^{A_{11}} = j \left(S_{Z_k}^{A_{11}'} \right)$	$S_{Z_k}^{A_{11}} = S_{Z_k}^{A_{11}}$

Wrażliwość względna transmitancji prądowej na zmianę k-tej impedancji - związki między odpowiednimi parametrami czwórnikowymi obwodu podobnego i oryginału przedstawia tablica 3b.

Tablica 3b

la	lb	IIa	IIb
$S_{Z_k}^{K_I} = S_{A_{22}}^{K_I} \cdot S_{Z_k}^{A_{22}}$ $\Downarrow \quad \Downarrow$ $S_{Z_k}^{K_U} = S_{A_{11}}^{K_U} \cdot S_{Z_k}^{A_{11}}$		$S_{Z_k}^{K_I} = S_{A_{22}}^{K_I} \cdot S_{Z_k}^{A_{22}}$ $\Downarrow \quad \Downarrow$ $S_{Z_k}^{K_I} = S_{A_{22}}^{K_I} \cdot S_{Z_k}^{A_{22}}$	
$S_{A_{22}}^{K_I} = S_{A_{11}}^{K_U} = -1$		$S_{A_{22}}^{K_I} = S_{A_{22}}^{K_I} = -1$	
$S_{Z_k}^{A_{22}} = -S_{Z_k}^{A_{11}}$	$S_{Z_k}^{A_{22}} = -j \left(S_{Z_k}^{A_{11}} \right)$	$S_{Z_k}^{A_{22}} = j \left(S_{Z_k}^{A_{22}} \right)$	$S_{Z_k}^{A_{22}} = S_{Z_k}^{A_{22}}$

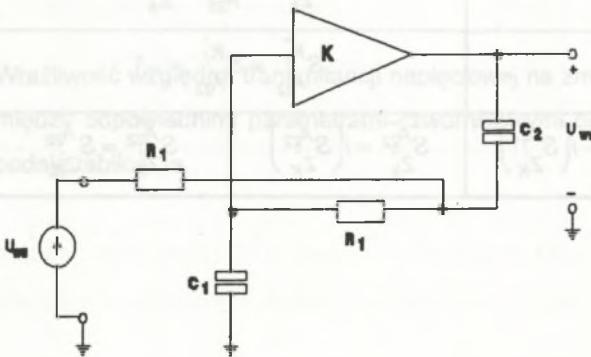
4. Porównanie aktywnych filtrów RC ze wzmacniaczami napięciowymi oraz filtrów RC ze wzmacniaczami prądowymi opartymi na układach CCII (-)

Związki omawianej teorii i syntezy filtrów można zauważyć dla aktywnego filtru RC ze wzmacniaczem prądowym opartym na układzie CCII (-) - tzn. konweytorze prądowym II generacji.

Filtr aktywny RC z CC (tzw. konweyorem prądowym) można odnaleźć przenosząc każdy element aktywnego filtru RC ze wzmacniaczem napięciowym do obwodu aktywnego filtru RC ze wzmacniaczem prądowym opartym na układzie CCII (-), według reguły podanej w tablicy 4.

Tablica 4

	W obwodzie standardowym ze wzmacniaczami napięciowymi	W obwodzie opartym na układzie CC
źródła sygnału		
elementy pasywne		
źródła sterowane		

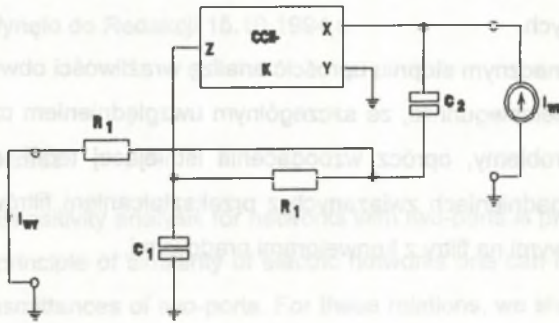


Rys. 1. Filtr SAB ze wzmacniaczem napięciowym
Fig. 1 Voltage amplifier based SAB

Rozważyć można przykład filtra SAB ze wzmacniaczem napięciowym oraz filtra SAB ze wzmacniaczem prądowym opartym na układzie CCII (-), który powstał po zastosowaniu wspomnianej reguły:

$$K_U(s) = \frac{U_{WY}}{U_{WE}} = \frac{1}{s^2 R_1 R_2 C_1 C_2 + s C_1 (R_1 + R_2) + 1}$$

$$K_I(s) = \frac{I_{WY}}{I_{WE}} = \frac{1}{S^2 R_1 R_2 C_1 C_2 + s C_1 (R_1 + R_2) + 1}$$



Rys. 2. Filtr SAB ze wzmacniaczem prądowym
Fig. 2. Current amplifier based SAB

Uwzględniając fakt strzałkowania prądu w obwodzie filtra SAB oraz odbiornikowego strzałkowania prądu w obwodach podobnych oraz uogólniając zależności wrażliwościowe otrzymać można:

$$S_{Z_k}^{K_U(s)} = -S_{Z_k}^{K_I(s)} \quad \text{bądź} \quad S_{Y_k}^{K_U(s)} = -S_{Y_k}^{K_I(s)}$$

Na podstawie zależności transmitancyjnych i wrażliwościowych można stwierdzić, iż obwody filtrów aktywnych RC ze wzmacniaczami napięciowymi oraz filtrów aktywnych RC ze wzmacniaczami CCII (-) są wrażliwościowo równoważne. Ekwiwalentne transmitancje obu układów są wielkościami dualnymi względem siebie. Ich wrażliwo-

ści względem odpowiadających sobie parametrów są równe co do modułu. Bardziej szczegółowa analiza przekształconych filtrów na układy z konwektorami prądowymi pozwoli prawdopodobnie na znalezienie nowych zastosowań teorii podobieństwa [9] w dziedzinie syntezy układów elektronicznych.

5. Podsumowanie

W artykule zaproponowano sposób badania wrażliwości czwórników podobnych oraz odszukano możliwe związki między parametrami macierzy czwórnikowych w równoległych szeregowych i kaskadowych strukturach połączeń. Przytoczono sposoby transformacji połączeń czwórników, a także ich struktur wewnętrznych w odpowiednich obwodach dualnych.

Takie podejście może w znacznym stopniu uprościć analizę wrażliwości obwodów podobnych zawierających wielobiegunki, ze szczególnym uwzględnieniem czwórników. Rozwiązywane tu problemy, oprócz wzbogacenia istniejącej teorii, mogą znaleźć zastosowanie w zagadnieniach związanych z przekształcaniem filtrów RC ze wzmacniaczami napięciowymi na filtry z konwektorami prądowymi.

LITERATURA

1. Chojcan J., Karwan L.: Wrażliwości obwodów dualnych. Materiały X KKTOiUE, Gdańsk 1987.
2. Chojcan J., Karwan L.: Wrażliwości obwodów skoliigaconych. Materiały XI SPETO, Wisła 1988.
3. Chojcan J., Karwan L., Romanowski H.: Analiza wrażliwości drugiego rzędu czwórników dualnych i skoliigaconych. Materiały XI KKTOiUE, Łódź - Rytro 1988.
4. Roberts G.W., Sedra A.S.: All current - mode frequency selective circuits. *Electron. Lett.*, 1989, 25, s.759-761.
5. Sedra A.S., Roberts G.W., Gohh F.: The current conveyor: history, progress and new results. *IEEE Proc.*, 1990, 137, s.78-87.
6. Sedra A., Smith K.C.: A second - generation current conveyor and its applications. *IEEE Trans.*, 1970, s.132-133.

7. Smith K.C., Sedra A.: The current conveyor - a new circuit building block. IEEE Proc., 1968, 56, s.1368-1369.
8. Zagajewski T.: General principles of similarity of electric networks. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Techn., 20(1972), s.417.
9. Zagajewski T.: Ogólne zasady podobieństwa obwodów elektrycznych. Arch. Elektr., 22(1973), s.427.
10. Zagajewski T.: Some applications of the general principle of similarity of electric networks. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Techn., 20(1972), s.499.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Jacek Wojciechowski

Wpłynęło do Redakcji 15.10.1994 r.

Abstract

Sensitivity analysis for networks with two-ports is presented. Basing on the general principle of similarity of electric networks one can find the relations between the transmittances of two-ports. For these relations, we shall derive the relations between sensitivities of two-port matrix parameters. Three kinds of two-ports connections are exactly presented in table 1, 2 and 3. The approach presented here may be used for any network functions exhibiting the similarity, for example - current-mode implementation of RC filter.

1. Wprowadzenie

W dany instantach trzyczekielu iel drakodajęq uardzo ważny pomóg w praktycz-
ku sygnału mowy. Było to możliwe dzięki współpracy naukowców i inżynierów re-
prezentujących różne dyscypliny: inżynierów, matematyków, inżynierów, matematyków.
Z drugiej strony osiągnięcia przez nich zdobyte były szybko wykorzystywane do
zastosowań, głównie w telekomunikacji, do sprawnego wzbudzenia i