

Marian PASKO

Lesław TOPÓR-KAMIŃSKI

Instytut Podstawowych Problemów

Elektrotechniki i Energoelektroniki

Politechniki Śląskiej

REZYSTANCYJNO-PRZEŁĄCZNIKOWE DWÓJNIKI ELEKTRYCZNE

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę układów elektrycznych złożonych z liniowych rezystancji oraz idealnych przełączników (kluczy). Podano metody sprowadzenia takich układów do postaci gałęzi uogólnionych rezystancyjnych i konduktancyjnych. Wykazano, że dowolny układ rezystancyjno-przełącznikowy można sprowadzić do obwodu złożonego z gałęzi uogólnionych przez równoległe i szeregowo łączenie rezystancji oraz stosując znane zasady łączenia kluczy. W pracy podano również boolowską analizę dwójników rezystancyjno-przełącznikowych. Realizacja dwójników rezystancyjno-przełącznikowych pozwala uzyskać układy rezystancyjne o zmiennych parametrach poprzez zmianę funkcji φ sterujących kluczami, a więc układ taki może być uważany za blok wiążący układy analogowe i cyfrowe.

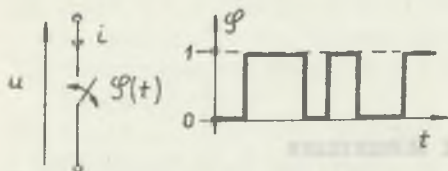
1. WSTĘP

Rozwój współczesnej technologii elementów elektronicznych pozwala nie tylko na kształtowanie różnorodnych nieosiągalnych dotychczas własności układów elektrycznych w trakcie ich produkcji, lecz także zmienianie tych własności w czasie eksploatacji [1]. Uzyskać to można najczęściej poprzez elementy o parametrach sterowanych dodatkowymi sygnałami elektrycznymi kontrolowanymi z zewnątrz lub autonomicznie wewnątrz układu. Z teoretycznego punktu widzenia w opisie działania tego typu układów (równania wiążące prądy i napięcia) muszą wystąpić iloczyny pewnych zmiennych zaciskowych. Niektóre z nich będą nazywane zmiennymi sterującymi.

Opis taki narzuca samoistnie sposób parametryzacji układów elektrycznych poprzez zastosowanie układów mnożących. Układy mnożące są elementami złożonymi oraz kosztownymi, zastosowania ich w większych ilościach w wielu wypadkach wydaje się nieekonomiczne. Znanym powszechnie elementem elektrycznym realizującym uproszczoną funkcję mnożenia jest przełącznik (klucz) stosowany dawniej w postaci mechanicznej. Obecnie jego realizacja praktyczna czysto elektryczna jest wykonywana w różnych postaciach, jako analogowa bramka elektroniczna na tranzystorach polowych. Pozwala ona uzyskać częstotliwości przełączenia o kilka rzędów większe niż klucz mechaniczny [5].

2. IDEALNY PRZEŁĄCZNIK ELEKTRYCZNY W OBWODACH REZYSTANCYJNYCH

Przez idealny przełącznik elektryczny (rys. 1) będzie dalej rozumiany element, który może być idealną przerwą lub zwarcie w zależności od wartości sterującej nim funkcji $\varphi(t)$.



Rys. 1

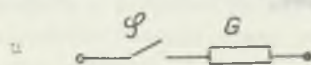
Zakłada się, przy tym, że funkcja ta może przyjmować wartości 0 i 1 odpowiadające rozwarciu i zamknięciu klucza.

Element taki może być opisany następującymi równaniami:

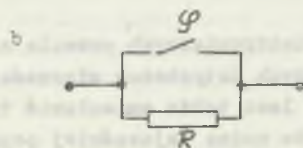
$$i = \varphi(t) u \quad (1)$$

$$\text{lub: } u = \bar{\varphi}(t) i \quad (2)$$

gdzie $\bar{\varphi}(t)$ jest negacją logiczną funkcji $\varphi(t)$ odniesioną w stosunku do jej wartości 0, 1. Jak zatem widać, klucz elektryczny powoduje mnożenie prądu i napięcia przez funkcję prostokątną $\varphi(t)$ (lub jej negację), która może być kontrolowana innym sygnałem prądowym lub napięciowym poprzez odpowiedni układ kształtujący. Najprostsze połączenia klucza i elementów rezystancyjnych prowadzą do uzyskania rezystancji zmiennych w czasie (rys. 2).



$$g(t) = G \varphi(t) \quad (3)$$



$$r(t) = R \bar{\varphi}(t) \quad (4)$$

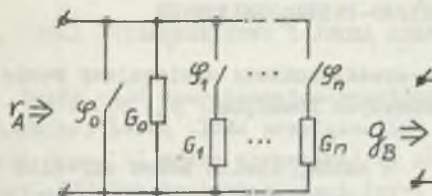
Rys. 2

W ogólnym przypadku układy rezystancyjno-przełącznikowe można uważać za złożone z uogólnionych gałęzi rezystancyjnych i

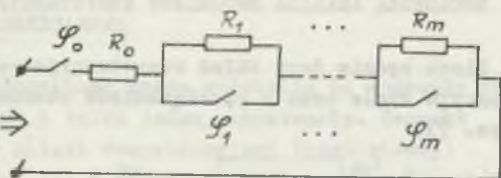
konduktancyjnych o strukturach przedstawionych na rys. 3 i 4, opisywanych relacjami:

$$r_A = \frac{\bar{\varphi}_0}{G_0 + \sum_{k=1}^n \varphi_k G_k} \quad (5)$$

$$g_B = \frac{\varphi_0}{R_0 + \sum_{k=1}^n \bar{\varphi}_k R_k} \quad (6)$$

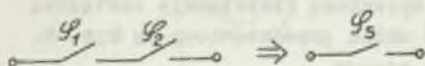


Rys. 3



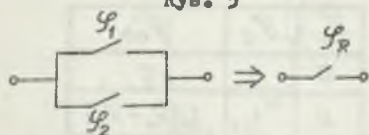
Rys. 4

Dowolny układ rezystancyjno-przełącznikowy można sprowadzić do obwodu złożonego z gałęzi uogólnionych poprzez równoległe i szeregowe łączenie rezystancji oraz stosując znane zasady łączenia kluczy. W najprostszymi przypadkach dla połączenia szeregowego i równoległego kluczy φ_1 i φ_2 (rys. 5 i 6) zachodzi:



Rys. 5

$$\varphi_3 = \varphi_1 \varphi_2 \quad (7)$$



Rys. 6

$$\varphi_R = \varphi_1 \vee \varphi_2 = \overline{\overline{\varphi_1} \cdot \overline{\varphi_2}} \quad (8)$$

gdzie \vee jest sumą logiczną funkcji φ_1 i φ_2 .

Dla bardziej złożonych kombinacji przełączników należy stosować

metody obliczeń znane w teorii automatów [3].

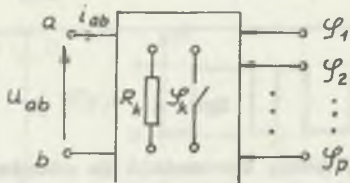
Rezystancja wewnętrzna takiego układu powstaje z rezystancji opisujących pojedyncze gałęzie uogólnione przez działania dodawania, odejmowania, mnożenia i dzielenia, będzie zatem funkcją typu:

$$r(t) = \frac{\sum_{k=0}^m a_k \Phi_k}{\sum_{l=0}^n b_l \Phi_l} \quad (9)$$

gdzie: Φ_k i Φ_l są w ogólności postaciami boolowskimi funkcji φ sterujących kluczami w tym obwodzie oraz ich negacji.

3. BOOLOWSKA ANALIZA DWÓJNIKÓW REZYSTANCYJNO-PRZEŁĄCZNIKOWYCH

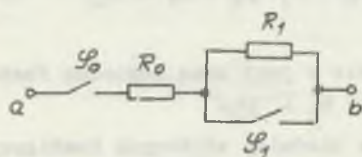
Niech będzie dany układ rezystancyjno-przełącznikowy zawierający rezystancje stałe oraz p przełączników sterowanych funkcjami $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$ (rys. 7).



Rys. 7

W każdej chwili można określić wartości funkcji sterujących, a tym samym stan poszczególnych kluczy oraz odpowiadające im wartości rezystancji zastępczych dla dowolnych dwóch wyróżnionych zacisków ab danego układu. Wszystkich możliwych stanów kluczy jest 2^p . Określając

dla tych stanów rezystancje zastępcze i tworząc odpowiednią tabelę stanów można na tej podstawie utworzyć wypadkową rezystancję zastępczą $r_{ab}(t)$ postaci (9). Przykładem może być układ przedstawiony na rys. 8. Dla układu tego mamy następującą tabelę stanów



φ_1	φ_0	g_{ab}
0	0	0
0	1	$1/(R_0 + R_1)$
1	0	0
1	1	$1/R_0$

Rys. 8

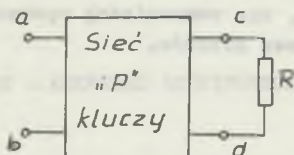
Można zatem określić następującą wartość konduktancji zastępczej:

$$g(t) = \frac{\varphi_0}{R_0 + R_1 \varphi_1} \quad (10)$$

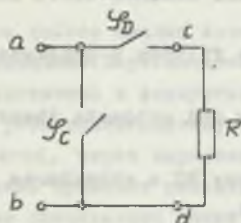
Przedstawiona metoda analizy jest uciążliwa przy większej ilości niezależnych funkcji sterujących φ , prowadzi do obliczeń wielu stałych sieci rezystancyjnych. Podany prosty przykład może służyć jako sprawdzian poprawności określenia wartości $g(t)$ dla gałęzi przedstawionej na rys. 8, która jest uogólnioną gałęzią typu konduktancyjnego g_B przedstawioną na rys. 4 dla wskaźnika $k = 1$.

4. UKŁAD PRZEŁĄCZNIKOWY Z JEDNĄ REZYSTANCJĄ

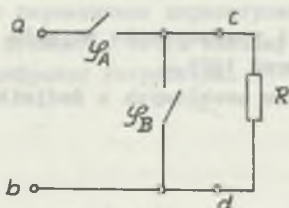
Każdą sieć rezystancyjno-przełącznikową można podzielić na segmenty zawierające pewną ilość przełączników i tylko jedną rezystancję. Segment taki (rys. 9) można sprowadzić do gałęzi rezystancyjnej (uogólnionej) (rys. 10) lub konduktancyjnej (rys. 11) z dwoma kluczami opisanymi następującymi funkcjami sterującymi φ_A , φ_B , oraz φ_C i φ_D .



Rys. 9.



Rys. 10



Rys. 11

Wartości tych funkcji można obliczyć zwiernając lub rozwierając zaciski ab i od układu utworzonego z samych przełączników (kluczy).

Układ ten opisany jest relacjami:

$$\varphi_A = \varphi_{ab} \quad \text{dla} \quad R = 0 \quad (11)$$

$$\varphi_B = \varphi_{ad} \quad \text{dla} \quad R_{ab} = \infty \quad (12)$$

$$\varphi_C = \varphi_{ab} \quad \text{dla} \quad R = \infty \quad (13)$$

$$\varphi_D = \varphi_{od} \quad \text{dla} \quad R_{ab} = 0. \quad (14)$$

Schematy zastępcze przedstawione na rys. 10 i 11 są wzajemnie równoważne, a zależności między opisującymi je funkcjami sterującymi wynoszą:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_A &= \varphi_D \varphi_C \\ \varphi_B &= \varphi_C \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi_D &= \varphi_A \\ \varphi_C &= \varphi_A \varphi_B \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Zależności te wynikają z zasad rozdzielności połączeń szeregowych i równoległych względem elementów osobliwych [6], [7], jakimi są również idealne przełączniki.

5. UWAGI KOŃCOWE

Realizacja dwójników rezystancyjno-przełącznikowych pozwala uzyskać układy rezystancyjne o zmiennych parametrach poprzez zmianę funkcji φ

sterujących kluczami, przy czym najwygodniejsze wydaje się zastosowanie funkcji okresowych ze zmieniającymi współczynnikami wypełnienia [4]. Współczynniki te mogą zależeć od pewnych napięć wewnętrznych układu, przez co układ nabierze cech rezystancyjnego obwodu nieliniowego.

Jeżeli funkcje sterujące będą zmieniane zewnętrznym sygnałem cyfrowym, to sieć przełącznikowo-rezystancyjna może być uważana za blok wiążący układy analogowe z cyfrowymi (np. cyfrowo-analogowy blok mnożący). Rozszerzenie własności przedstawionych układów można dodatkowo uzyskać poprzez wprowadzenie do nich elementów aktywnych, np. wzmacniaczy operacyjnych. Problem ten jest obecnie opracowywany przez autorów.

LITERATURA

- [1] Chua L.O.: Theory and Design of Electronic Relays. Proc. IEEE, No. 11, November 1970.
- [2] Guzinski A., Matheau I.C.: Projektowanie filtrów R-przełączane. VII KK TO i UE, Kazimierz 1984.
- [3] Harrison M.A.: Introduction to switching and automata theory. Mc Graw-Hill Book Company. New York 1965.
- [4] Pasko M., Topór-Kamiński L.: Filtr aktywny RC o strukturze równoległej przełączanej. VII SPFTO, Ustroń 1984.
- [5] Temes G.C., Mitra S.K.: Teoria i projektowanie filtrów. WNT, Warszawa 1978.
- [6] Topór-Kamiński L.: Elementy osobliwe i rozszerzenie pojęcia komutacji w obwodach elektrycznych. V SPFTO, Ustroń 1981.
- [7] Topór-Kamiński L.: Połączenia elementów osobliwych z dwójnikami klasycznymi. VII SPFTO, Ustroń 1984.

Recenzent: doc. dr inż. Zdzisław Trzaska

Wpłynęło do redakcji dn. 1 marca 1985 r.

SWITCHED ELECTRIC RESISTANCE ONE-PORTS

S u m m a r y

The analysis of the electric networks built of the linear resistances and the ideal switches has been described. The methods of changing of such networks to the general resistance and conductance branches have been shown. It has been proved that any switched resistive network can be changed into the network composed of the general branches by the series and parallel connection of the resistances and with the use of the known con-

nection rules of the switches. The Boolean analysis of the switched resistance networks has also been given in this work. The resistance networks with the changeable parameters controlled by the φ functions (the control functions of the switches) can be obtain by the means of the switched resistive networks, so such networks can be regarded as the link between the digital and analog networks.

РЕЗИСТИВНО - КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ

Резюме

В статье дается анализ электрических систем содержащих линейные сопротивления и идеальные переключатели. Описываются способы приведения этих систем к виду резистивных и кондуктивных обобщенных ветвей. Доказывается, что произвольную резистивно-ключевую систему можно свести к цепи содержащей обобщенные ветви, через параллельные и последовательные соединения сопротивлений а также применяя известные соединения переключателей.

В статье представлен также булевый анализ резистивно - ключевых двухполюсников. Реализация этих двухполюсников позволяет получить резистивные системы с переменными параметрами, благодаря изменению управляемых переключателями функций. Такую систему можно считать как блок соединяющий аналоговые и цифровые устройства.

