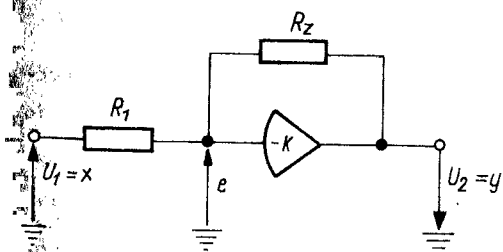


## ZASADY DZIAŁANIA PODSTAWOWYCH CZŁONÓW OPERACYJNYCH MASZYNY WAT 1001

Podstawą liniowych i nieliniowych członów analogowych maszyny WAT 1001 jest wzmacniacz operacyjny. Jest on wzmacniaczem prądu stałego o bardzo dużym współczynniku wzmocnienia  $K$  rzędu  $10^8$  i przede wszystkim od jego parametrów zależy dokładność rozwiązania analogowego.

Elementy sprzęgające w obwodzie wejściowym i sprzężenia zwrotnego decydują o charakterze zależności napięcia wyjściowego od napięcia wejściowego.



Rys.1. Schemat wzmacniacza operacyjnego z obwodem wejściowym i obwodem sprzężenia zwrotnego

Równania wzmacniacza operacyjnego mają postać:

$$e = - \frac{U_2}{K}$$

$$\frac{U_1 - e}{R_1} = \frac{e - U_2}{R_2}$$

Z równań tych wynika zależność:

$$U_2 = - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + \frac{1}{K} \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right)} U_1$$

przy  $K \rightarrow \infty$  otrzymujemy:

$$U_2 = -\frac{R_z}{R_1} U_1$$

lub  $y = -bx$

Jeżeli  $K$  jest rzędu  $10^8$ , to z dużą dokładnością możemy przyjąć, że współczynnik  $b$  jest równy stosunkowi rezystancji obwodu sprzężenia zwrotnego do rezystancji wejściowej.

Jeżeli do układu (rys.1) zamiast oporu  $R_z$  włączmy pojemność  $C$ , otrzymamy na wyjściu całkowanie napięcia wejściowego, czyli integrator.

$$y(t) = -\frac{1}{R_1 C} \int_0^t x(t) dt$$

Jeżeli zamiast jednego oporu wejściowego zastosujemy kilka  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , to w przypadku gdy w sprzężeniu zwrotnym jest opór  $R_z$ , otrzymamy sumator z odpowiednimi współczynnikami wzmocnienia dla poszczególnych wejść:  $b_1 = \frac{R_z}{R_1}$ ,  $b_2 = \frac{R_z}{R_2}$ ,  $b_n = \frac{R_z}{R_n}$ . w przypadku zaś, gdy w sprzężeniu zwrotnym jest pojemność  $C$ , otrzymamy integrator sumujący.

W maszynie WAT-1001 jest zastosowany ośmiowejsiowy, blok sumujący-całkujący, który może pracować jako sumator lub jako integrator. Sumator dla kolejnych wejść, ma następujące współczynniki wzmocnienia  $b_i$ : 1, 1, 2, 5, 10, 10, 10, 20.

Dla integratora współczynniki te zależą od pojemności  $C$  kondensatora w obwodzie sprzężenia zwrotnego. Są możliwe cztery wartości  $C$ : (1; 0,1; 0,01; 0,001)  $\mu F$ . Współczynniki  $b_i$  są wtedy odpowiednio pomnożone przez: 1; 10; 100; 1000.

O wyborze kondensatora, czyli o wyborze skali czasu decydują sygnały sterujące  $\bar{A} \bar{B}$  (tabl.1).

Pamięci dynamiczne służą do zapamiętywania wartości sygnałów analogowych w zadanej chwili  $T$ . Są używane przede wszystkim przy iteracyjnej pracy maszyny, kiedy wyniki liczenia z poprzedniego cyklu należy zapamiętać i wykorzystać w następnym cyklu pracy. Każda pamięć ma dwie

pojemności pamiętające: mniejszą o wartości  $5.1 \text{ nF}$ , włączoną stale w sprzężenie zwrotne i większą o wartości  $0,22 \mu\text{F}$ , która jest włączana przez sygnał sterujący  $\bar{B}$ . Z osiemnastu bloków pamięci dziewięć jest jednokanałowych z jednym wejściem i dziewięć dwukanałowych. Pierwszy kanał ma jedno, a drugi trzy wejścia.

Nieliniowe zależności między zmienną wyjściową i zmiennymi wejściowymi uzyskuje się przez wprowadzenie elementów nieliniowych do obwodów sprzęgających wzmacniacza. Do podstawowych członów nieliniowych należy kwadrator, spełniający zależność:  $y = x^2$ . Z dwóch współpracujących kwadratów tworzy się mnożarkę lub dzielarke. Przy obecnym wyposażeniu maszyny WAT 1001 można wykorzystać maksimum 10 mnożarek. Kwadrator zajmuje w maszynie dwa miejsca operacyjne.

Uniwersalny generator funkcji jednej zmiennej służy do odtworzenia dowolnej funkcji nieliniowej przez aproksymację odcinkowo-liniową. Ma on 10 sekcji diodowych, z których każda może pracować w dowolnej ćwiartce układu współrzędnych oraz sekcję zerową i sekcję wyrównawczą.

Generator zmiennej losowej ma osiem kanałów, które wysyłają sygnały pseudolosowe w postaci ciągów impulsów o amplitudzie  $+10 \text{ V}$  i  $-10 \text{ V}$  oraz różnym czasie trwania. Ciągi impulsów są powtarzalne okresowo. Okres czasu, w którym sygnały wyjściowe mają własności losowe wynosi około 3 godzin. Wewnątrz tego okresu sygnały wyjściowe każdego kanału są nieskorelowane. Nieskorelowane są także między sobą ciągi sygnałów wyjściowych z wszystkich ośmiu kanałów.

Zamianę impulsowych sygnałów losowych na sygnał ciągły o żądanym rozkładzie chwilowych wartości amplitudy realizuje się przez układ zamodelowany na krosie z członów analogowych maszyny.

Stosując odpowiednie układy można uzyskać różne rozkłady prawdopodobieństwa o żądanych parametrach rozkładu (normalny, równomierny, trójkątny, Simpsona, Rayleigha). Generator zmiennej losowej jest stosowany w procedurach optymalizacyjnych.

Przy programowaniu zadań sposób realizacji poszczególnych członów liczących jest nieistotny; wystarczają symbole i znajomość realizowanych przez nie funkcji. Człony liniowe, ich symbole i sposób pracy przedstawiono w tabl. 1 a człony nieliniowe w tabl. 2.

Nazwa członu	Symbol	Wzrosty sterujące		Stan pracy	Rozwiązana zależność	Uwagi
		Z	S			
Element bezwładności		/	/		$y = Kx$	wzmacniacz bez sprzężenia zwrotnego K - wzmacnienie w pełni otwartej
Element bezwładności		/	/		$y = \sum_{i=1}^n b_i x_i$	sumator z dostępnym punktem samoczynnym
Element bezwładności		/	/		$y = 0$ $y = \sum_{i=1}^n b_i x_i$	
Element różniczkujący		/	0		$y = -x_0$	x <sub>0</sub> - warunek początkowy
		0	/	Liczenie	$y = -x_0 - \sum_{i=1}^n b_i \int_0^t x_i dt$	
		/	/	Liczenie	$y = -x_0 - \sum_{i=1}^n b_i \int_0^t x_i dt$	
Element całkujący		/	0		$y = -x_0$	T - czas zapamiętania
		0	/	Liczenie	$y = -x_0 + \sum_{i=1}^n b_i \int_0^t x_i dt$	
		/	/	Liczenie	$y = -x_0 + \sum_{i=1}^n b_i \int_0^t x_i dt$	
Element pomiarowy		/	/		$y = ax_1 + (1-a)x_2$	$0 \leq a \leq 1$
Element pomiarowy		/	/		$y = ax$	$\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ $a = \frac{R_1}{R}$
Element pomiarowy		/	/		$y = ax$	
Element przekształcający		/	0		$y = -x$	T - czas zapamiętania
		0	/	Pomiarowe	$y = -x(1)$	
		/	/	Liczenie	$y = -x_0$	
Element przekształcający		/	0		$y = -\sum_{i=1}^n b_i x_i$	w zależności od tego, który kanał był ostatnio śledzony
		0	/	Liczenie	$y = -x_0$	
		/	/	Pomiarowe	$y = -\sum_{i=1}^n b_i x_i$ lub $y = -\sum_{i=1}^n b_i x_i(1)$	

Nazwa członu	Symbol	Ilość miejsc operacyjnych	Realizowana zależność	U w a ś j
Kwadrat		2	$y = x^2$ również: $y = -\text{sign } x \sqrt{ x }$	Wbieranie żądanej funkcji odbywa się przez przelicznik układów nieliniowych. Uwaga ta dotyczy również pozostałych członów nieliniowych.
Mnożanka		2	$y = \pm x_1 \cdot x_2$ również: $y = x_1^2 + x_2^2$ ; $y = x_1^2 - x_2^2$ ;	
Dzielnika		2	$y = \frac{x_1}{\pm x_2}$	Przedziałny zmiennych: -1 JM $\leq x_1 \leq 1$ JM $ x_1  \leq  x_2 $ -1 JM $\leq x_2 \leq 0,1$ JM dla $y = \frac{x_1}{x_2}$ 0,1 JM $\leq x_2 \leq 1$ JM dla $y = \frac{-x_1}{x_2}$
Generator funkcji sześciennej			$y = -x^3$ również: $y = -\sqrt[3]{x}$	
Generator funkcji trygonometrycznych		2	$y = -\sin \frac{\pi}{2} x$ ; $y = -\cos \frac{\pi}{2} x$ ; $y = -\sin \frac{\pi}{2} x$ ; $y = -\cos \frac{\pi}{2} x$ ; również: $y = -\text{arc sin } \frac{\pi}{2} x$ ;	
Generator uniwersalny			$y = f(x)$	Aproksymacja odcinkowo-liniowa dowolnej krzywej
Ogranicznik amplitudy		1	$y = a$ $x < -a$ $y = -b$ $x > b$ $y = -x$ $-a \leq x \leq b$	
Ogranicznik strefy założeń		1	$y = -x - a$ $x < -a$ $y = -x + b$ $x > b$ $y = 0$ $-a \leq x \leq b$	
Wartość bezwzględna		2	$y =  x $	

## WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEN

- $x$  - analogowy sygnał wejściowy wyrażony w jednostkach maszynowych,  
 $y$  - analogowy sygnał wyjściowy wyrażony w jednostkach maszynowych,  
1 JM - jednostka maszynowa odpowiadająca 100 V,  
 $b_i$  - współczynniki wzmocnienia dla poszczególnych wejść,  
Z, S - logiczne sygnały sterujące wejściami,  
 $\bar{A}$ ,  $\bar{B}$  - logiczne sygnały sterujące skalą czasu.

\* \* \*

### Literatura

- [1] Analogowo-hybrydowa maszyna WAT 1001. Opracowanie WAT 1971.
- [2] Levine L.: Metody stosowania maszyn analogowych do rozwiązywania problemów w technice. WNT, Warszawa 1969.
- [3] Szopliński Z. Elektroniczna technika analogowa WNT, Warszawa 1969.

Na podstawie dokumentacji i literatury opracowała

mgr inż. Krystyna Lipowicz-Judycka