



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU

## K AUTORSKÉMU OSVEDČENÍU

199 894

(11) [B1]

(61)

(23) Výstavná priorita

(22) Přihlášeno 20 09 77

(21) PV 6066-77

(51) Int. Cl.<sup>3</sup> G 05 B 19/18

B 23 Q 15/00

(40) Zverejnené 30 11 79

(45) Vydane 30 08 82

(75)

Autor vynálezu ZIMÁNYI JÁN Ing. CSc., TREŇČÍN a BAŇÁKOVÁ LUDMILA Ing., ČACHTICE

(54) Zapojenie kruhového interpolátora s konštantným azimutálnym inkrementom

1

Vynález sa týka zapojenia kruhového interpolátora s konštantným azimutálnym inkrementom pre číslicovú interpoláciu binárne vyjadrených súradníc  $x$ ,  $y$  kruhovej trajektórie.

V technickej praxi v oblasti číslicového riadenia obrábacích strojov, kresliacich zariadení, alebo iných zariadení, s prvkami pohybujúcimi sa po analyticky určených trajektóriách sa používajú rôzne typy interpolátorov, ktoré sa navzájom líšia v rôznych parametroch, akými sú predovšetkým: počet osí, v ktorých sa interpolácia prevádza, typy trajektórií, pre ktoré interpolátor je schopný interpolovať, presnosť a rýchlosť interpolácie, zložitosť interpolátora. Na základe porovnania vlastností jednotlivých typov interpolátorov sa potom vyberá pre dané použitie vhodný typ interpolátora.

Pre niektoré zariadenia je potrebné, aby sa kruhová interpolácia v rovine  $x$ ,  $y$  prevádzala s konštantným azimutálnym inkrementom, preto interpolátory s konštantným inkrementom v osiach  $x$  alebo  $y$  sú nevhodné. Takáto požiadavka sa vyskytuje napríklad u elektroiskrových drôtových vyrezávačiek s drôtmí vyklonenými v normálovej rovine na smer rezu. Takéto programovo riadené vykláňanie nástroja - drôtu umožňuje zhotovovanie kužeľových tvarových otvorov, ktoré sú potrebné pri výrobe strižných nástrojov. Zmena smeru vyklonenia drôtu prebieha pri postupe po kruhovej dráhe synchronne s inkrementáciou azimutu  $\varphi$ .

V prípade interpolátora s konštantnou inkrementáciou v osiach  $x$ ,  $y$  je potom azimutálny inkrement nepravidelný a je potrebné ho pomerne zložitým spôsobom určovať.

Na presnosť interpolácie okrem voľby interpolačného algoritmu predovšetkým vplyva veľkosť interpolačného kroku a počet platných miest, pomocou ktorých sú v interpolátore interpolované jednotlivé čísla /veličiny/. Pre určitú požadovanú presnosť a prípadne aj rýchlosť interpolácie je potom treba voliť vhodné parametre interpolátora, pričom požiadavky na rýchlosť a presnosť spravidla vedú k zvyšovaniu ceny a zložitosti interpolátora.

Vyššie uvedené nedostatky odstraňuje zapojenie kruhového interpolátora s konštantným azimutálnym inkrementom podľa vynálezu, ktorého podstatou je, že prvý vstup odčítačky je pripojený na výstup prvého posuvného registra a druhý vstup odčítačky je pripojený na zdroj počiatočnej hodnoty jednej z interpolovaných súradníc. Prvý výstup odčítačky je pripojený na vstup druhého posuvného registra, ktorého výstup je pripojený na prvý vstup sčítačky. Druhý vstup sčítačky je pripojený na zdroj počiatočnej hodnoty druhej z interpolovaných súradníc. Prvý výstup sčítačky je prepojený so vstupom prvého posuvného registra. Druhý výstup odčítačky a druhý výstup sčítačky sú pripojené na zariadenie pre ďalšie spracovanie interpolovaných hodnôt súradníc  $x$ ,  $y$ .

Zapojením kruhového interpolátora s konštantným azimutálnym inkrementom sa docieľa podstatné zvýšenie presnosti a rýchlosti interpolácie v porovnaní s doteraz známymi interpolátormi s rovnakým stupňom zložitosti.

Na pripojenom výkrese je znázornené príkladné prevedenie zapojenia kruhového interpolátora s konštantným azimutálnym inkrementom, kde na obr. 1 je nakreslená celková bloková schéma zapojenia a na obr. 2 a 3 sú nakreslené príkladné blokové schémy druhého posuvného registra.

Zapojenie kruhového interpolátora s konštantným azimutálnym inkrementom pozostáva z prvého posuvného registra 1, ktorého výstup 10 je pripojený na prvý vstup 20 odčítačky 2. Druhý vstup 21 odčítačky 2 je pripojený na zdroj počiatočnej hodnoty prvej z interpolovaných súradníc. Výstup 22 odčítačky 2 je pripojený na vstup 30 druhého posuvného registra 3. Výstup 31 druhého posuvného registra 3 je pripojený na prvý vstup 40 sčítačky 4. Druhý vstup 41 sčítačky 4 je pripojený na zdroj počiatočnej hodnoty druhej z interpolovaných súradníc. Prvý výstup 42 sčítačky 4 je prepojený so vstupom 11 prvého posuvného registra 1. Druhý výstup 23 odčítačky 2 a druhý výstup 43 sčítačky 4 sú pripojené na zariadenie pre ďalšie spracovanie interpolovaných hodnôt súradníc  $x$ ,  $y$ .

Pre  $i$ -tý interpolačný krok interpolátora zapojeného podľa vynálezu s azimutálnym inkrementom  $\Delta\varphi$  platí:

$$A_i = A_{i-1} - kB_{i-1} \quad /1a/$$

$$B_i = B_{i-1} + kA_i \quad /1b/$$

kde:  $k = \operatorname{tg} \Delta\varphi$      $/k = 2^{-j}$  pre  $j$  - celé kladné číslo/.

$A_i$  a  $B_i$  môžu reprezentovať v rovine  $x, y$  súradnice podľa tabuľky č. 1.

|   | $A_i$                                               | $B_i$                          | $B_i'$                                              |
|---|-----------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1 | $X / n \cdot \Delta \varphi - \Delta \varphi / 2 /$ | $Y / n \cdot \Delta \varphi /$ | $Y / n \cdot \Delta \varphi - \Delta \varphi / 2 /$ |
| 2 | $Y / n \cdot \Delta \varphi - \Delta \varphi / 2 /$ | $X / n \cdot \Delta \varphi /$ | $X / n \cdot \Delta \varphi - \Delta \varphi / 2 /$ |

tab. č. 1

Podľa tohoto algoritmu sa však stanovujú súradnice  $A_i$  a  $B_i$  vždy so vzájomným posuvom argumentu veličín  $X / \varphi /$ ,  $Y / \varphi /$  o  $\pm \Delta \varphi / 2$ . Jednoduchou operáciou možno stanoviť veličinu  $B_i'$  podľa niektorého z nasledovných vzťahov:

$$B_i' = B_{i-1} + \frac{k}{2} \cdot A_i \quad /2/$$

$$B_i' = B_i - \frac{k}{2} \cdot A_i \quad /3/$$

$$B_i' = \frac{1}{2} (B_{i-1} + B_i) \quad /4/$$

ktorej potom zodpovedá podľa tabuľky č. 1 hodnota  $Y / \varphi /$ , resp.  $X / \varphi /$  už bez posuvu vzhľadom na  $A_i$ .

Interpolačný algoritmus veličín  $A, B$  podľa vzťahov /1/ sa realizuje pomocou odčítacky 2 a sčítačky 4, v ktorých sú binárne s potrebným počtom binárnych miest zobrazené veličiny  $A_i$  a  $B_i$ .

V  $i$ -tom interpolačnom kroku sa:

1. od obsahu odčítacky 2 odpočíta obsah sčítačky 4 posunutý v posuvnom registri 1 o  $k$  binárnych miest vpravo;
2. k obsahu sčítačky 4 pripočíta obsah odčítacky 2 posunutý v druhom posuvnom registri 3 o  $k$  binárnych miest vpravo.

Ak je potrebné stanovovať aj veličinu  $B_i'$ , potom bod 2 možno modifikovať podľa niektorého zo vzťahov /2/, /3/ alebo /4/.

Pred započatím interpolácie je potrebné naplniť sčítačku 4 a odčítacku 2 hodnotami  $A_i = 0$  a  $B_i = 0$ . Tieto hodnoty môžu byť výsledkami už skôr prevedenej interpolácie interpolátora zapojeného podľa vynálezu, prípadne môžu byť získané aj inak. V prípade ak interpolácia začína pri uhloch  $\varphi = m \cdot \frac{\pi}{2}$  / $m = 0, 1, 2 \dots$ /, je stanovenie  $A_i = 0$  a  $B_i = 0$  zvlášť jednoduché podľa tabuľky č. 2, kde  $R$  je polomer interpolovanej kružnice.

| $m$       | $A_i = 0$ | $B_i = 0$ |
|-----------|-----------|-----------|
| 0, 4, 8,  | $R$       | $0$       |
| 1, 5, 9,  | $0$       | $R$       |
| 2, 6, 10, | $-R$      | $0$       |
| 3, 7, 11  | $0$       | $-R$      |

tab. č. 2

Pre  $R = 1$  reprezentujú veličiny  $A_i$  a  $B_i$  hodnoty  $\cos \varphi$  a  $\sin \varphi$ .

Pre absolútne chyby  $\hat{\sigma}x_i$ ,  $\hat{\sigma}y_i$  súradníc  $X_i$ ,  $Y_i$  interpolačného algoritmu interpolátora zapojeného podľa vynálezu /rovnice 1/ platí:

$$\hat{\sigma}x_i = k_3 A_{i-1}$$

$$\hat{\sigma}y_i = k_3 B_{i-1}$$

$$\text{kde: } k_3 = -\frac{\Delta\varphi^4}{4!} - \frac{\Delta\varphi^6}{6!} \dots\dots$$

Tieto absolútne chyby sú približne o  $\frac{\Delta\varphi^2}{2}$  menšie ako chyby u dosiaľ známych zapojení interpolátorov. Pretože interpolátor zapojený podľa vynálezu pracuje iba s aritmetickými operáciami sčítania, odčítania a posuvu registrov, je nutné voliť

$$\Delta\varphi = \arctg k \quad \text{pre } k = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}.$$

Pred začiatkom samotnej interpolácie sú v odčítačke 2 a sčítačke 4 zapísané hodnoty súradníc  $X_0$  a  $Y_0$  počiatočného bodu interpolovanej trajektórie.

Privedením taktovacieho signálu sa uvedú do činnosti postupne prvý posuvný register 1 odčítačky 2, druhý posuvný register 3 a sčítačka 4. Do prvého posuvného registra 1 sa prepíše obsah sčítačky 4, posunie sa o  $k$  bitov vpravo a odčíta sa od obsahu odčítačky 2. Výsledok tejto aritmetickej operácie je interpolovaná prvá súradnica, ktorú možno snímať na druhom výstupe 23. V ďalšom kroku sa uvedie do činnosti druhý posuvný register 3, ktorý môže byť realizovaný nasledujúcimi spôsobmi:

- a/ Jednoduchý posuvný register: druhý posuvný register 3 podľa obr. 1.
- b/ Dva posuvné registre: tretí posuvný register 5 a štvrtý posuvný register 6 /obr. 2/, kde na vstup 50 tretieho posuvného registra 5 sú pripojené prvý vstup 60 štvrtého registra 6 a prvý výstup 22 odčítačky 2. Výstup 51 tretieho posuvného registra 5 je pripojený na prvý vstup 40 sčítačky 4 a jej druhý výstup 43 je pripojený na druhý vstup 61 štvrtého posuvného registra 6.
- c/ Tri posuvné registre: piaty posuvný register 7, šiesty posuvný register 8 a siedmy posuvný register 9 /obr. 3/, kde vstup 70 piateho posuvného registra 7 je pripojený na prvý výstup 22 odčítačky 2 a jeho výstup 71 je pripojený k prvému vstupu 40 sčítačky 4, ktorej prvý výstup 42 je pripojený k prvému vstupu 80 šiesteho posuvného registra 8 a druhý výstup 43 k druhému vstupu 91 siedmeho posuvného registra 9. Prvý vstup 90 siedmeho posuvného registra 9 je pripojený na výstup 82 šiesteho posuvného registra 8.

V prípade:

- a/ algoritmus prebieha podľa rovnice /1b/. Do druhého posuvného registra 3 sa prepisuje obsah odčítačky 2, posunie sa o  $k$  bitov vpravo a pripočíta k obsahu sčítačky 4, čím sa vytvorí nová druhá interpolovaná súradnica, ktorej argument je posunutý voči argumentu

prvej súradnice o polovicu azimutálneho inkrementu, t.j. o  $2^{-/k+1/}$ , ktorú možno snímať z druhého výstupu 43.

Druhou možnosťou použitia tohoto variantu zapojenia je interpolácia podľa algoritmu popísaného rovnicami 1b a 2. Do druhého posuvného registra 3 sa prepisuje obsah odčítačky 2 a posunie o  $k+1$  bitov vpravo a dvakrát pripočíta k obsahu sčítačky 4. Výsledok prvého súčtu je veličina  $B'_1$  reprezentujúca druhú interpolovanú súradnicu, ktorej argument nie je posunutý voči argumentu prvej interpolovanej súradnice. Možno ju snímať na druhom výstupe 43 sčítačky 4.

V prípade:

b/ algoritmus prebieha podľa rovníc /1b/ a /3/. Obsah odčítačky 2 sa pripisuje súčasne do tretieho posuvného registra 5 a štvrtého posuvného registra 6. Obsah tretieho posuvného registra 5 sa posunie vpravo o  $k$  bitov a obsah štvrtého posuvného registra 6 sa posunie vpravo o  $k+1$  bitov. Obsah tretieho posuvného registra 5 sa pripočíta k obsahu sčítačky 4, od jej obsahu odpočíta obsah registra 6, čím sa vytvorí v štvrtom posuvnom registri 6 veličina  $B'_1$ , reprezentujúca druhú interpolovanú súradnicu, ktorej argument nie je posunutý voči argumentu prvej interpolovanej súradnice. Možno ju snímať na výstupe 62 štvrtého posuvného registra 6.

V prípade:

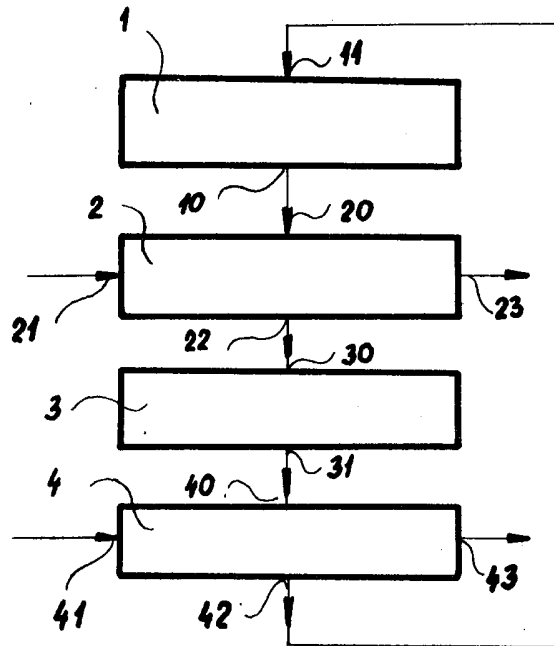
c/ algoritmus prebieha podľa rovníc /1b/ a /4/. Obsah odčítačky 2 sa prepíše do piateho posuvného registra 7, v ktorom sa posunie o  $k$  bitov vpravo a pripočíta k obsahu sčítačky 4. Tento súčet sa presunie do siedmeho posuvného registra 9, kde sa k nemu pripočíta obsah šiesteho posuvného registra 8 a posunie o 1 bit vpravo, čím sa vytvorí veličina  $B'_1$  reprezentujúca druhú interpolovanú súradnicu, ktorej argument nie je posunutý voči argumentu prvej interpolovanej súradnice. Možno ju snímať na výstupe 92 siedmeho posuvného registra 9. Obsah sčítačky 4 sa v prvom takte prepisuje do šiesteho posuvného registra 8.

Interpolátor podľa vynálezu je vhodný pre použitie v riadiacich systémoch pre číslícovo riadené obrábacie stroje, kresliace zariadenia a iné zariadenia využívajúce kruhové interpolátory. Interpolátor možno použiť aj v tých zariadeniach, kde je potrebné vypočítavať hodnoty goniometrických funkcií, ako napr. v kalkulačkách, počítačoch a podobne. Interpolátor možno realizovať pomocou diskretných elektronických súčiastok, elektróniek tranzistorov, alebo pomocou integrovaných obvodov rôzneho stupňa integrácie, pomocou mikroprocesorov, alebo pomocou kalkulátorov a číslícových počítačov.

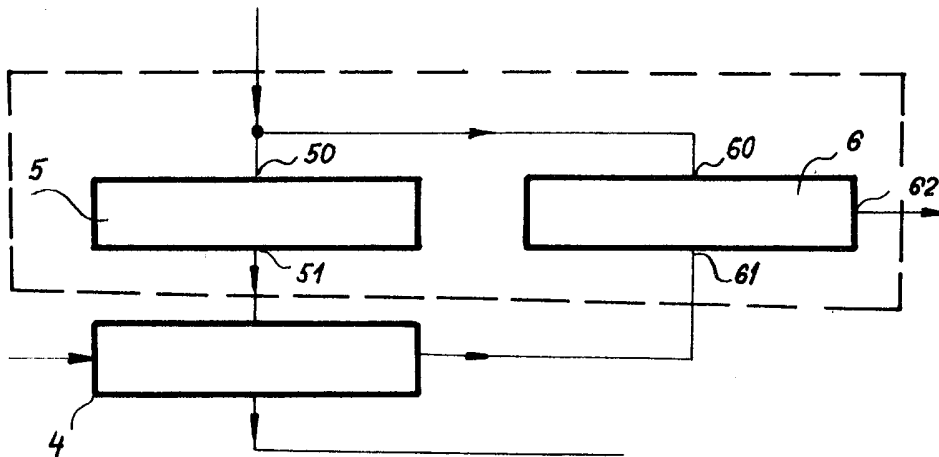
## P R E D M E T    V Y N Á L E Z U

Zapojenie kruhového interpolátora s konštantným azimutálnym inkrementom pre číselnú interpoláciu binárne vyjadrených súradníc  $x, y$  kruhovej trajektórie, pozostávajúceho zo sčítacky, odčítacky a dvoch posuvných registrov riadených riadiacou elektronikou a interpolujúceho v cyklicky opakujúcich sa krokoch, pričom každý cyklus zodpovedá rovnakému azimutálnemu inkrementu úseku interpolačnej trajektórie o veľkosti  $2^{-k}$ , kde  $k$  je voliteľné prirodzené číslo, vyznačujúce sa tým, že prvý vstup /20/ odčítacky /2/ je pripojený na výstup /10/ prvého posuvného registra /1/ a druhý vstup /21/ odčítacky /2/ je pripojený na zdroj počiatočnej hodnoty jednej z interpolovaných súradníc, pričom prvý výstup /22/ odčítacky /2/ je pripojený na vstup /30/ druhého posuvného registra /3/, ktorého výstup /31/ je pripojený na prvý vstup /40/ sčítacky /4/, ktorej druhý vstup /41/ je pripojený na zdroj počiatočnej hodnoty druhej z interpolovaných súradníc, pričom prvý výstup /42/ sčítacky /4/ je pripojený so vstupom /11/ prvého posuvného registra /1/, zatiaľ čo druhý výstup /23/ odčítacky /2/ a druhý výstup /43/ sčítacky /4/ sú pripojené na zariadenie pre ďalšie spracovanie interpolovaných hodnôt súradníc  $x, y$ .

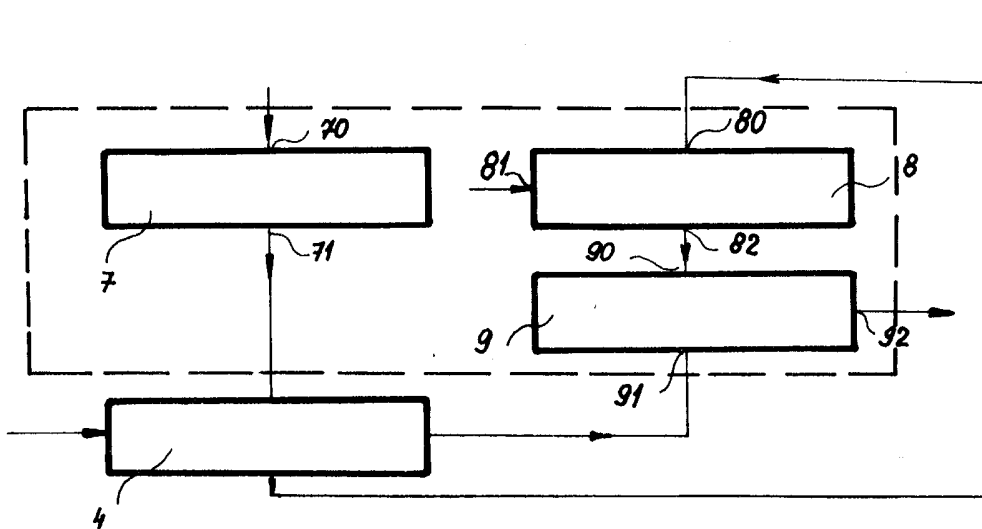
## 3 výkresy



OBR. 1



OBR. 2



OBR. 3