

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

72069

Patent dodatkowy
do patentu ———

Zgłoszono: 01.09.71 (P. 150297)

Pierwszeństwo: 04.09.70 Szwecja

Zgłoszenie ogłoszono: 30.05.73

Opis patentowy opublikowano: 15.03.1977

MKP B23q 17/18

Int. Cl.² B23Q 17/18

CZŁOŚĆ

Urzędu Patentowego
P. 1 - 9, B. 1 - 9, L. 1 - 9

Twórca wynalazku: ———
Uprawniony z patentu: Saab-Scania Aktiebolag,
Linköping (Szwecja)

Sposób numerycznego sterowania narzędzia oraz urządzenie do numerycznego sterowania narzędzia

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób numerycznego sterowania narzędzia, poruszanego równocześnie w kierunku przynajmniej dwóch współrzędnych dzięki temu, że jego ruch jest wynikiem sumowania się przyrostów ruchu, które uzyskane z pewnej częstotliwości podstawowej, są odniesione do kierunków wzdłuż współrzędnych tak, że uzyskuje się żądany kierunek ruchu, przy czym narzędzie porusza się w żądanym kierunku z uprzednio określoną prędkością, oraz urządzenie do numerycznego sterowania narzędzia.

Przy sterowaniu ruchu narzędzia w powyższy sposób zdarza się, gdy kierunek ruchu nie jest zgodny z kierunkiem osi i gdy nie zastosuje się specjalnych środków, że narzędzie ma w kierunku swego ruchu względem obrabianego przedmiotu prędkość, która jest mniejsza niż określona uprzednio prędkość, odpowiadająca częstotliwości przyrostów. Założmy, że ruchy równoległe do osi są bokami równoległoboku. Wiadomo, że przekątna równoległoboku jest zawsze mniejsza niż suma jego boków. Jeśli zatem kierunek ruchu narzędzia tworzy z trzema osiami układu współrzędnych prostokątne kąty 45°, prędkość narzędzia wynosi tylko 1/3 prędkości odpowiadającej częstotliwości przyrostów, czyli jest o 42% za mała.

Oczywiście takie odchylenia od prędkości optymalnej narzędzia są niedopuszczalne i proponowano wiele różnych sposobów i urządzeń do auto-

2

matycznej korekcy prędkości narzędzia aby uniezależnić ją bardziej od kierunku ruchu.

Znane są układy, w których zastosowano układ sterowania numerycznego aby osiągnąć zmniejszenie odchylenia prędkości narzędzia od wartości zaprogramowanej.

Celem wynalazku jest stworzenie prostego i dokładnego sterowania prędkości ruchu narzędzia w funkcji chwilowego kierunku jego ruchu, podczas ruchu narzędzia po dowolnej krzywej.

Cel ten osiągnięto według wynalazku przez to, że dla kolejnych i równych przyrostów ruchu określono rozkład przyrostów na poszczególne osie współrzędnych, a ponadto przeprowadza się korekcję częstotliwości przyrostów, która jest funkcją każdego tak określonego rozkładu, a zatem również funkcją kierunku ruchu, na skutek czego, gdy narzędzie porusza się w kierunku odbiegającym od kierunku współrzędnej, nadaje mu się prędkość w przybliżeniu równą uprzednio określonej prędkości.

Wynalazek jest dokładniej opisany na podstawie rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przykład urządzenia do stosowania sposobu według wynalazku w postaci schematu blokowego, fig. 2 przedstawia schemat blokowy członu liczącego z fig. 1, fig. 3 przedstawia wykres czasowy przebiegów impulsowych pokazujących położenie względne sygnałów impulsowych, pojawiających się w pewnych punktach układu z fig. 2, fig. 4 przedstawia część

powierzchni kuli ze środkiem w środku układu współrzędnych, która symbolizuje usytuowanie wektora prędkości, skierowanego ze środka we wszystkich kierunkach, przy czym na tej podstawie można określić dokładność sposobu według wynalazku, fig. 5 przedstawia schemat blokowy drugiego przykładu urządzenia do stosowania sposobu według wynalazku a fig. 6 przedstawia schemat blokowy układu liczącego z fig. 5.

Z nie przedstawionego na rysunku generatora impulsów w linię 1 podawany jest sygnał impulsowy o częstotliwości f_v , która odpowiada określonej prędkości narzędzia w ruchu wzdłuż osi.

Sygnał impulsowy jest następnie przekazywany poprzez bramkę LUB 2, której działanie zostanie opisane później, na generator funkcji 3. Generator ten jest skonstruowany w znany sposób tak, że rozdziela impulsy na sygnały impulsowe zgodnie z zaprogramowaną krzywą na odpowiednie osie, przy czym na wyjściach generatora funkcji 3, po jednym wyjściu na każdą oś, pojawiają się sygnały impulsowe o częstotliwościach f_x , f_y i f_z , przeznaczone do sterowania ruchu narzędzia w odpowiednim kierunku osiowym. Krzywa może być przykładowo zapisana na taśmie perforowanej, umożliwiającej sterowanie generatora funkcji, którego wyjścia są połączone z nie przedstawionymi na rysunku członami, aby dokonać ruchu narzędzia w odpowiednim kierunku osiowym w funkcji liczby impulsów w wymienionych sygnałach impulsowych.

Jeśli przez n_x , n_y i n_z oznaczyć liczbę impulsów przyrostu, potrzebnych dla danej osi by spowodować ruch narzędzia o pewien odcinek wzdłuż krzywej, a przez $n\Delta$ oznaczyć sumę tych impulsów przyrostu otrzymuje się równanie:

$$n\Delta = n_x + n_y + n_z$$

Symbolem n_v oznaczono zmyśloną liczbę przyrostów wzdłuż jakiegoś odcinka, który ma tę samą długość co przyrosty wzdłuż osi współrzędnych. Zatem

$$n_v = \sqrt{n_x^2 + n_y^2 + n_z^2}$$

przy czym n_v wyraża wynikowy ruch (wektorowo). Ponieważ przy porównaniu przekątnej i boków równoległoboku n_v jest mniejsze niż $n\Delta$, aby otrzymać równość przy pewnej wartości, do n_v trzeba dodać pewną liczbę impulsów korekcyjnych n_k , a wówczas $n\Delta = n_v + n_k$. Liczba impulsów korekcyjnych dla pewnej liczby impulsów przyrostu jest równa:

$$n_k = n_x + n_y + n_z - \sqrt{n_x^2 + n_y^2 + n_z^2}$$

Należy zauważyć, że n_k zależy od rozkładu impulsów przyrostu na poszczególne osie. Ponieważ n_v jest mniejsze niż $n\Delta$, n_k można otrzymać z $n\Delta$ przez odjęcie pewnej liczby impulsów, zmniejszającej się zależnie od kierunku ruchu. Dzieląc powyższe równania przez czas t otrzymuje się równanie odnoszące się do liczby impulsów na jednostkę czasu, to jest do częstotliwości. Otrzymuje się odpowiednio

$$f_k = f_x + f_y + f_z - \sqrt{f_x^2 + f_y^2 + f_z^2}$$

$$f_k = f_x + f_y + f_z - \sqrt{f_x^2 + f_y^2 + f_z^2}$$

gdzie f_k jest częstotliwością zmniejszającą się wraz z zaprogramowanym kierunkiem ruchu narzędzia, otrzymywaną przez analizę pewnej liczby impulsów przyrostu na osie współrzędnych.

Przez dodanie do sygnału impulsowego o częstotliwości f_v , odpowiadającej w kierunku równoległym do osi określonej prędkości narzędzia, sygnału impulsowego o częstotliwości f_k , otrzymuje się według wynalazku skorygowany sygnał impulsowy, którego częstotliwość $f\Delta = f_v + f_k$ w kierunku ruchu odpowiada określonej prędkości narzędzia.

Jeśli impulsy korygującego sygnału impulsowego są w generatorze funkcji 3 rozkładane na odpowiednie osie współrzędnych zgodnie z programem, narzędzie ma określoną prędkość niezależnie od chwilowego kierunku ruchu.

W układzie z fig. 1 z wyjściami generatora funkcji połączony jest element liczący, nazywany w dalszej części opisu sumatorem wektorowym 4. Jest on skonstruowany tak, że dla określonej liczby impulsów, czyli dla odcinka o pewnej długości, oblicza f_k na podstawie f_x , f_y i f_z według wyżej podanego równania. Sumator wektorowy 4 jest swymi wejściami połączony z wyjściami generatora funkcji 3 a jego wyjście poprzez bramkę LUB 2 jest połączone z wejściem generatora funkcji. Bramka LUB ma za zadanie przeprowadzenie dodawania $f\Delta = f_v + f_k$.

Istotnym jest, by liczba impulsów przyrostu, których rozkład ma osie współrzędnych ma być analizowany, była odpowiednio wybrana. Mała liczba impulsów daje mało dokładną ocenę kierunku ruchu. Z drugiej strony duża liczba wprowadza niebezpieczeństwo błędu spowodowanego opóźnieniem korekcji, a ponadto potrzebne jest znaczne zużycie materiału.

W urządzeniu do stosowania sposobu według wynalazku korzystnym okazało się wybrać do analizy rozkładu sześć impulsów. Jeśli pominąć permutacje pomiędzy osiami współrzędnych jest oczywiste, że sześć impulsów można rozłożyć na siedem różnych sposobów.

Rozkłady podano w tablicy, gdzie również podano wartość n_k obliczoną, zaokrągloną i po zmianie skali przez przemnożenie przez cztery.

Zmiany skali dokonuje się aby umożliwić wzięcie pod uwagę ułamkowych n_k , gdyż nie ma przecież ułamkowych impulsów. Uzyskuje się dzięki temu lepsze przybliżenie.

Analiza i wytwarzanie impulsów korekcyjnych odbywa się jak już wspomniano w sumatorze wektorowym 4, którego układ jest podany na fig. 2.

Sumator 4 ma trzy liczniki 5, 6 i 7. Licznik 5 jest przeznaczony do liczenia sześciu analizowanych impulsów a za pomocą liczników 6 i 7 określany jest rozkład impulsów na osiach y i z . Ponieważ znana jest całkowita liczba impulsów, znana jest również liczba impulsów osi x . Wejście licznika 5 jest połączone poprzez bramkę LUB 8 z wyjściami x , y i z generatora funkcji 3. Licznik 6 jest połączony z wejściem y generatora funkcji a licznik 7 z wyjściem z .

Aby umożliwić odczyt rozkładu impulsów z pozycji liczników 6 i 7 po zakończeniu analizowanych sześciu impulsów, wymienione liczniki są połączone

Nr	Rozkład	n_k obliczone	n_k zaokrąglone	n_k po zmianie skali
I	6—0—0	0,00	0,00	0
II	5—1—0	0,90	1,00	4
III	4—2—0	1,53	1,50	6
IV	4—1—1	1,76	1,75	7
V	3—3—0	1,76	1,75	7
VI	3—2—1	2,26	1,25	9
VII	2—2—2	2,54	2,50	10

ze zbudowanym na obwodach logicznych dekod-
rem 9, który ma cztery wyjścia binarne b_1 , b_2 , b_3
i b_4 . Dekoder 9 jest skonstruowany tak, by na pod-
stawie pozycji liczników 6 i 7 obliczać, który z po-
danych w tablicy rozkładów ma miejsce i wytwa-
rzać na wejściach w postaci binarnej wartość n_k ,
odpowiadającą temu rozkładowi.

Licznik 5, który zgodnie z tym, co podano po-
wyżej, liczy do sześciu i po osiągnięciu tej liczby
wytwarza impuls, połączony jest z zespołem steru-
jącym 10, który jest tak skonstruowany, że gdy po-
jawia się wyżej wymieniony impuls, steruje on po-
przez rejestr akumulatora 11 i sumator 12 ciągłym
wytwarzaniem wartości n_k . Gdy licznik 5 odliczy
do sześciu zachodzi co następuje:

Zespół sterujący daje rozkaz dodania n_k z de-
koderu 9 za pomocą sumatora 12 do poprzedniej za-
wartości rejestru akumulatora 11. Jeśli zawartość
rejestru akumulatora jest większa niż 3, to jest gdy
wynosi przynajmniej 4 od zawartości rejestru odej-
mowana jest liczba 4 a równocześnie zespół steru-
jący podaje impuls korekcji. Jeśli ponowna analiza
zawartości rejestru akumulatora wykaże, że jest
ona większa niż 3, następuje ponowne odjęcie licz-
by 4 i podanie jednego więcej impulsu korekcji.
Proces ten jest przedstawiony w uproszczeniu na
fig. 3, gdzie pokazano również, że impuls korekcji
 n_k jest zsynchronizowany z interwałem pomiędzy

impulsami o częstotliwości f_v po pierwszym, trzecim
i piątym impulsie.

Należy zwrócić uwagę na to, że od zawartości
rejestru akumulatora 11 dla każdego impulsu ko-
rekcji odejmowana jest liczba 4, która jest współ-
czynnikiem zwiększenia skali, przez który wyliczo-
na wartość n_k została przemnożona aby otrzymać
liczbę całkowitą.

Należy ponadto zaznaczyć, że ułamki n_k są brane
pod uwagę dokładnie dzięki temu, że odejmowanie
liczby 4 od zawartości rejestru akumulatora jest
możliwe tylko wtedy gdy zawartość ta jest więk-
sza niż 3.

Dokładność korekcji prędkości narzędzia sposo-
bem według wynalazku można obliczyć w procen-
tach poprawnej prędkości przez obliczenie wielkości
wektorów prędkości w różnych kierunkach. Całko-
wicie wystarcza rozważyć powierzchnię stanowiącą
1/48 powierzchni kuli z fig. 4, gdyż powierzchnię
kuli można podzielić na 48 jednakowych części.
Kierunki reprezentowane są punktami 1—15. Dla
punktów tych współrzędne podane są w tablicy
poniżej. Tablica ta podaje również dokładność w
procentach. Symbol + przed wartością dokładności
oznacza, że obliczenie według wynalazku daje wek-
tor prędkości, który jest zbyt długi a minus ozna-
cza, że wektor prędkości jest zbyt krótki.

Punkt	Przybliżona wartość współrzędnej			Odchyłka wektora %
	x	y	z	
1	100	0	0	0
2	96	20	20	< 1
3	86	36	36	+2,8
4	72	49	49	+3,0
5	58	58	58	+1,1
6	64	64	42	+3,3
7	68	68	29	+2,2
8	70	70	14	+2,2
9	71	71	0	1
10	83	56	0	+1,8
11	92	39	0	< 1
12	98	20	0	-1,6
13	91	37	16	+2,0
14	84	52	14	+3,8
15	79	51	33	-1,5

Widać, że skład jest mniejszy niż 4% co jest do przyjęcia dla układów trójwymiarowych.

Podstawową myślą wynalazku, jak wynika z zastrzeżeń patentowych, jest to, że dla przerostów ruchu o równej wielkości i następujących kolejno po sobie określa się ich rozkład na poszczególne osie współrzędnych, przy czym przeprowadza się korekcję częstotliwości przyrostowej, która jest funkcją każdego określonego rozkładu. Można to osiągnąć przez określenie współczynnika korekcji, który po przemnożeniu przez częstotliwość podstawową f_v daje skorygowaną częstotliwość przyrostową $f\Delta = a \cdot f_v$ gdzie a jest wymienionym współczynnikiem korekcji.

Uwzględniając podane powyżej zależności pomiędzy f_v , $f\Delta$ a f_x , f_y i f_z otrzymuje się

$$a = \frac{f_x + f_y + f_z}{\sqrt{f_x^2 + f_y^2 + f_z^2}}$$

W tablicy poniższej podano wartości współczynnika a obliczone dla wcześniej podanych rozkładów I—VII. W tablicy podano ponadto wartości współczynnika a po zmianie skali i po zaokrągleniu.

Współczynnik zmiany skali 1/32 oraz powód obliczania wartości współczynnika a w zmiennej skali zostaną objaśnione na podstawie fig. 3.

Układ, który pracuje sposobem według wynalazku i za pomocą którego można otrzymać skorygowaną częstotliwość przyrostową w opisany wyżej

Rozkład Nr	Współczynnik korekcji a		
	Wartość wyliczona	Po zmianie skali	w zaokrągleniu
I	1,00	1/32	1/32
II	1,18	1/72,2	1/27
III	1,34	1/23,8	1/24
IV	1,41	1/22,6	1/23
V	1,41	1/22,6	1/23
VI	1,60	1/20	1/20
VII	1,73	1/18,4	1/18

sposób, jest przedstawiony na fig. 5. Układ ten zawiera generator funkcji 3 i sumator wektorowy 13 połączony z wyjściami generatora 3. Zadaniem generatora funkcji, podobnie jak poprzednio, jest dokonywanie zgodnie z ustalonym programem rozkładu impulsów przyrostu na poszczególne osie współrzędnych a sumator wektorowy 13 jest skonstruowany tak, by analizować ten rozkład i wytwarzać współczynnik korekcji a . Wyjście sumatora wektorowego 13 jest połączone z układem mnożenia 14, który jest tak skonstruowany, aby wytwarzał iloczyn f_v i a czyli przeprowadzał działanie $f\Delta = f_v \cdot a$.

Tak skorygowana częstotliwość przyrostowa jest podawana na generator funkcji 3 tak jak w układzie z fig. 1.

Przykład wykonania sumatora wektorowego 13 jest pokazany na fig. 6. Jest on podobny do sumatora wektorowego z fig. 2. Ma licznik 5, 6 i 7, bramkę LUB 8 i dekodery 9, które współpracują ze sobą w opisany już sposób. Licznik 5 jest połączony jednak z zespołem sterującym nieco innego typu

niż opisany poprzednio a dekodery 9 jest połączony bezpośrednio z rejestrem 16, który jest skonstruowany tak, że w funkcji analizowanego przez liczniki 8 i 7 oraz dekodery 9, gdy licznik 5 odliczy sześć impulsów oraz na rozkład zespołu sterującego, wytwarza on sygnały 32, 27, 24, 23, 20 i 18. Sygnały te są zgodne z mianownikiem zaokrąglonych wartości współczynnika korekcji a . Sterując tymi sygnałami długość odliczania licznika o zmiennej długości odliczania, jeśli licznik otrzymuje częstotliwość 32 f_v , można wytworzyć skorygowaną częstotliwość przyrostową $f\Delta$. Jeśli na przykład licznik jest ustawiony przez sygnał 24 tak by wytwarzał jeden impuls na każde 24 impulsy otrzymane, oznacza to, że $f\Delta = 32 \cdot f_v \cdot \frac{1}{24} = 1,34 \cdot f_v$, co

w rzeczywistości jest skorygowaną częstotliwością przyrostową dla rozkładu III.

Obliczenia dla pozostałych rozkładów są wykonywane analogicznie. Gdy sumator wektorowy 13 z fig. 5 jest wykonany jak na fig. 6, układ mnożący zawiera licznik o zmiennej długości odliczenia, sterowany w sposób podany wyżej.

Wybór 1/32 na współczynnik skali jest spowodowany tym, że jako układ mnożący zastosowano licznik o zmiennej długości liczenia, na skutek czego pożądaną jest by współczynnik korekcji a miał postać $1/n$, gdzie n jest liczbą całkowitą. 32 jest pierwszą liczbą szeregu 1, 2, 4, 8, 16, 32 , która daje dobre przybliżenie.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób numerycznego sterowania narzędzia, poruszanego równocześnie w kierunku przynajmniej dwóch współrzędnych, dzięki temu, że jego ruch jest wynikiem sumowania się przyrostów ruchu, które uzyskane z pewnej częstotliwości podstawowej, są odniesione do kierunków wzdłuż współrzędnych — tak, że uzyskuje się żądany kierunek ruchu, przy czym narzędzie porusza się w żądanym kierunku z uprzednio określoną prędkością, znamienny tym, że dla kolejnych i równych ilości przyrostów ruchu określa się rozkład przyrostów na poszczególne osie współrzędnych, a ponadto przeprowadza się korekcję częstotliwości przyrostów, która jest funkcją każdego tak określonego rozkładu, a zatem również funkcją kierunku ruchu, na skutek czego, gdy narzędzie porusza się w kierunku odbiegającym od kierunku współrzędnej, nadaje mu się prędkość w przybliżeniu równą uprzednio określonej prędkości.

2. Urządzenie do numerycznego sterowania narzędzia

zawierające generator funkcji dla dokonywania rozkładu przyrostów na poszczególne osie współrzędnych, zgodnie z programem, aby uzyskać żądany kierunek ruchu, znamienne tym, że zawiera sumator wektorowy (4) połączony swymi wejściami z wyjściami generatora funkcji (3), którego zadaniem jest dokonywanie, zgodnie z ustalonym programem, rozkładu impulsów przyrostu na poszczególne osie współrzędnych, natomiast wyjście sumatora wektorowego (4),

służącego do analizowania rozkładu, jest poprzez bramkę „lub” (2) połączone z wejściem generatora funkcji.

3. Urządzenie według zastrz. 2, znamienne tym, że sumator wektorowy (4) wytwarzający w funkcji wyliczonego rozkładu współczynnik korekcji mnożony przez częstotliwość podstawową dla otrzymania skorygowanej częstotliwości przyrostowej jest połączony poprzez układ mnożący (14) z wejściem generatora funkcji (3).

10



