

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 507 793**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 11651**

(54) Interpolateur linéaire.

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

(22) Date de dépôt..... 12 juin 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 50 du 17-12-1982.

(71) Déposant : BORISOV Vladimir Semenovich et KOROVIN Vyacheslav Viktorovich, résidant en URSS.

(72) Invention de : Vladimir Semenovich Borisov et Vyacheslav Viktorovich Korovin.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud,  
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

### Interpolateur linéaire.

La présente invention concerne les systèmes de commande numérique par programme et, plus particulièrement, les interpolateurs linéaires.

L'invention est susceptible d'applications dans  
5 les systèmes programmés de commande d'actionneurs en vue de convertir une information relative à des incrémentations de coordonnées en séquences d'impulsions de commande.

On connaît un interpolateur linéaire (certificat  
10 d'auteur de l'URSS N° 551611, 1977) comportant en série un bloc de commande, un générateur d'impulsions et un diviseur de fréquence dont la sortie est raccordée à la première entrée d'un premier compteur et à la première entrée d'un deuxième compteur. La deuxième entrée du  
15 premier compteur est raccordée à la sortie d'un premier comparateur et à une première entrée du bloc de commande ; la sortie du premier compteur est réunie à une entrée du premier comparateur dont la deuxième entrée est reliée à une deuxième entrée du diviseur de fré-  
20 quence et à la sortie d'un premier registre d'incrémentations.

L'entrée du premier registre d'incrémentations est reliée à l'une des sorties du bloc de commande dont l'une des sorties est raccordée, à travers un deuxième registre d'incrémentations, à la troisième entrée du diviseur de fréquence et à la première entrée d'un deuxième comparateur.

La deuxième entrée du deuxième comparateur est raccordée à la sortie du deuxième compteur, sa sortie étant  
30 raccordée aux deuxièmes entrées du deuxième compteur et du bloc de commande. La première entrée d'un troisième compteur est raccordée à la deuxième entrée du premier compteur. La première entrée d'un troisième comparateur est reliée à la sortie du troisième compteur qui a sa

deuxième entrée raccordée à la sortie du deuxième registre d'incrément, sa sortie étant raccordée à une troisième entrée du bloc de commande et à la deuxième entrée du troisième compteur. Une première entrée d'un 5 quatrième compteur est reliée à la deuxième entrée du deuxième compteur. La première entrée d'un quatrième comparateur est raccordée à la sortie du quatrième compteur. La deuxième entrée du quatrième comparateur est réunie à la sortie du premier registre d'incrément, sa sortie étant reliée à une quatrième entrée 10 du bloc de commande et à une deuxième entrée du quatrième compteur.

Ledit dispositif, outre qu'il souffre de l'ambiguïté à la conversion des codes représentatifs de plus 15 grand incrément en fréquence d'impulsions de sortie, est incompatible avec le réglage de la fréquence d'impulsions de sortie de la voie caractéristique de plus grand incrément de manière que le rapport des fréquences d'impulsions reste égal à celui des codes des incréments respectifs. 20

Une autre solution technique, plus proche de l'invention, (certificat d'auteur de l'URSS N° 432543, 1973) est constituée par la partie d'un interpolateur comportant un normalisateur numérique de codes dont les entrées sont reliées à la sortie d'une source d'information extérieure et dont les sorties sont reliées aux entrées numériques des convertisseurs numérique-analogique des codes des incréments, et un convertisseur numérique-analogique supplémentaire qui à ses entrées 25 numériques reliées aux sorties du normalisateur numérique et sa sortie raccordée aux entrées de référence des convertisseurs numérique-analogique des codes des incréments. Les tensions continues aux sorties des convertisseurs numérique-analogique dudit interpolateur 30 35 varient en fonction directe du rapport de leurs codes.

Pourtant, cet interpolateur existant a à son désa-

vantage l'ambiguïté en tension continue fournie par le convertisseur numérique-analogique représentatif du plus grand incrément lorsque les codes de ce dernier ne sont pas les mêmes.

- 5        L'invention vise à fournir un interpolateur linéaire dans lequel la fréquence d'impulsions soit affranchie de la dérive des codes représentatifs de plus grand incrément des coordonnées et asservie à la tension de référence variable dans des proportions importantes suivant une loi déterminée grâce à une boucle de réaction placée entre la sortie du convertisseur numérique-analogique caractéristique de plus grand incrément des coordonnées et les entrées de référence des convertisseurs numérique-analogique qui maintient
- 10      la tension de référence à une valeur pour laquelle la tension de sortie du convertisseur numérique-analogique représentatif de plus grand incrément des coordonnées devient égale à la tension de référence fournie par une source réglable.
- 15      Selon l'invention, un interpolateur linéaire comportant un normalisateur numérique de codes composé de deux registres à décalage, dont les entrées sont raccordées à une source d'information extérieure, deux convertisseurs numérique-analogique destinés à transformer l'information numérique en tension continue et dont les entrées numériques sont reliées aux sorties dudit normalisateur numérique de codes, se caractérise en ce qu'il possède une source de tension de référence réglable, deux comparateurs servant à comparer les
- 20      tensions de sortie des convertisseurs numérique-analogique à la tension de référence et qui ont leurs premières entrées réunies en un point commun relié à la sortie de ladite source de tension de référence réglable et leurs deuxièmes entrées reliées respectivement aux sorties des convertisseurs numérique-analogique, un circuit OU qui a ses entrées reliées aux sorties
- 25
- 30
- 35

des comparateurs, un intégrateur qui a son entrée reliée à la sortie du circuit OU et sa sortie raccordée à un point commun aux entrées de référence des convertisseurs numérique-analogique, un convertisseur tension-fréquence en X destiné à transformer les tensions continues en séquences d'impulsions de commande et qui a son entrée reliée à la sortie du premier convertisseur numérique-analogique et sa sortie réunie à un circuit de commande du premier actionneur, et un convertisseur tension-fréquence en Y qui a son entrée reliée à la sortie du deuxième convertisseur numérique-analogique et sa sortie raccordée à un circuit de commande du deuxième actionneur.

Un tel interpolateur linéaire permet de convertir l'information relative aux codes d'incrément de coordonnées en séquences d'impulsions à fréquences de répétition dont le rapport est celui des codes représentatifs des incrément, d'avoir la fréquence d'impulsions maximale, caractéristique du plus grand incrément des coordonnées, quel qu'en soit le code, et de faire suivre de très près une loi largement variable à ladite fréquence d'impulsions maximale.

Tout cela offre la possibilité d'améliorer, pour un coût en matériel relativement faible, l'efficacité des actionneurs et d'asservir convenablement ces derniers aux moments utiles par variation de fréquence de la voie de plus grand incrément des coordonnées suivant une loi à interpolation très précise.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description de l'un de ses modes de réalisation donné à titre d'exemple, et dans laquelle on se réfère au dessin annexé sur lequel la figure unique est une schématisation sous forme de blocs de la structure de l'interpolateur selon l'invention.

35 L'interpolateur linéaire comporte un normalisateur numérique de codes représentatifs des incréments, com-

- posé des registres à décalage classiques 1 et 2 ("Microcircuits intégrés linéaires modernes et leur application" traduit de l'anglais sous la direction de M.V. Galperin, Moscou, ed. "Energia", 1980), qui ont leurs
- 5 entrées 3 et 4 raccordées à une source d'information extérieure (non figurée), et des convertisseurs numérique-analogique 5 et 6, également classiques ("Microcircuits intégrés linéaires modernes et leur application", traduit de l'anglais sous la direction de M.V.
- 10 Galperin, Moscou, ed. "Energia", 1980), ayant pour but de transformer l'information numérique en tension continue et dont les entrées numériques 7 et 8 sont reliées respectivement aux sorties des registres à décalage 1 et 2.
- 15 L'interpolateur linéaire contient également une source de tension de référence réglable 9 (Alekseenko A.G., "Eléments de l'ingénierie des microcircuits", Moscou, Editions "Sovetskoye radio", 1977), des comparateurs 10 et 11 (voir op.cit.) destinés à comparer
- 20 les tensions de sortie des convertisseurs numérique-analogique 5 et 6 à la tension de référence. Les entrées 12 et 13 des comparateurs 10 et 11 ont un point commun relié à la sortie de la source de tension de référence réglable 9.
- 25 Les entrées des comparateurs 10 et 11 sont reliées respectivement aux sorties 14 et 15 des convertisseurs numérique-analogique 5 et 6.
- L'interpolateur linéaire comporte de plus un circuit OU 16 (Boukreev I.N., et al. "Circuits micro-électroniques et la technique numérique", Moscou, Editions "Sovetskoe radio", 1973) qui a ses entrées reliées aux sorties 17 et 18 des comparateurs 10 et 11 et sa sortie raccordée à l'entrée de l'intégrateur 19 (voir op. cit.). La sortie de l'intégrateur 19 est reliée à un
- 30 35 point commun aux entrées de référence 20 et 21 de convertisseurs numérique-analogique 5 et 6.

L'interpolateur linéaire possède également un convertisseur tension-fréquence en coordonnée X, 22, servant à transformer la tension continue en séquence des impulsions de commande (Chilo V.L. "Circuits intégrés linéaires pour appareils électroniques et radio", Moscou, Editions "Sovetskoe radio", 1974), et qui a son entrée reliée à la sortie 14 du convertisseur numérique-analogique 5 et sa sortie raccordée au circuit de commande d'un actionneur (non figuré), et un convertisseur tension-fréquence en coordonnée Y, 23, (voir op.cit.) qui a son entrée reliée à la sortie 15 du convertisseur numérique-analogique 6 et sa sortie réunie au circuit de commande de l'actionneur.

Les signaux produits extérieurement et caractéristiques des codes des incrémentations  $\Delta X$  et  $\Delta Y$  d'une longueur de  $l$  bits viennent sur les entrées 3 et 4 des registres à décalage 1 et 2.

L'information rangée dans les registres à décalage 1 et 2 subit  $k$  décalages vers les bits de poids fort, c'est-à-dire qu'elle est multipliée par  $2^k$ , où  $k = l - m$  pour  $m > n$ ,  $k = l - n$  pour  $n > m$ ,  $m$  et  $n$  étant les nombres de bits utilisés pour écrire les codes des incrémentations des coordonnées  $\Delta X$  et  $\Delta Y$  respectivement.

Après les décalages, les codes des incrémentations sont égaux respectivement à :  $\bar{\Delta X} = \Delta X \cdot 2^k$  ;  $\bar{\Delta Y} = \Delta Y \cdot 2^k$ . Dans ce cas, le rapport  $\bar{\Delta X}/\bar{\Delta Y}$  reste égal au rapport  $\Delta X/\Delta Y$ , la plage de variations des codes représentatifs du plus grand incrément étant réduite de  $1/(2^{l-1})$  à  $2^{l-1}/(2^{l-1})$ . Les convertisseurs numérique-analogique 5 et 6 transforment proportionnellement les codes  $\bar{\Delta X}$  et  $\bar{\Delta Y}$  en tensions de sortie continues  $U_x$  et  $U_y$  qui sont, partant, proportionnelles aux codes des incrémentations  $\Delta X$  et  $\Delta Y$ .

Chacune desdites tensions vient sur l'une des en-

trées du comparateur respectif 10 et 11 et sur l'entrée du convertisseur tension-fréquence respectif 22 et 23. Les deuxièmes entrées 12 et 13 des comparateurs 10 et 11 ont un point commun qui reçoit la tension à 5 partir de la source de tension de référence réglable 9.

Les comparateurs 10 et 11 comparent les tensions  $U_x$  et  $U_y$  à la tension de référence  $U^x$ . Les signaux issus des sorties 17 et 18 des comparateurs 10 et 11 arrivent sur le circuit OU 16 dont le signal de sortie 10 commande le régime de fonctionnement de l'intégrateur 19.

L'interpolator linéaire fonctionne de la façon suivante :

Les codes représentatifs des incrément  $\Delta X$  et  $\Delta Y$  15 en provenance extérieure sont multipliés par  $2^k$  à travers les registres à décalage 1 et 2 et ensuite appliqués, respectivement, aux entrées numériques 7 et 8 des convertisseurs numérique-analogique 5 et 6 dont les entrées 20 et 21 sont au départ au potentiel zéro.

Sur un signal de déclenchement des convertisseurs numérique-analogique 5 et 6, l'intégrateur 19 entre 20 en action et sa tension de sortie se met à croître. Cette tension attaque les entrées 20 et 21 des convertisseurs numérique-analogique 5 et 6 qui ont sur leurs 25 sorties 14 et 15 les tensions en croissance tant que la tension de sortie représentative du code de plus grand incrément n'est pas égale à la tension de référence  $U^x$ . Cela étant, le comparateur respectif 10, 11 intervient pour conditionner le circuit OU 16 dont le 30 signal de sortie arrête l'intégrateur 19.

Dès que la tension de sortie du convertisseur numérique-analogique traitant le code de plus grand incrément diminue de la valeur de l'hystérésis du comparateur, celui-ci reprend son état premier et le circuit OU 16 déclenche l'intégrateur 19.

De cette façon, la tension à la sortie du conver-

tisseur numérique-analogique, représentative du code du plus grand incrément, est maintenue égale à celle de référence avec une précision définie par l'hystérisis du comparateur.

5 Le circuit OU 16 régit l'intégrateur 19 de manière qu'il maintienne aux entrées 20 et 21 des convertisseurs numérique-analogique 5 et 6 une tension continue de référence telle que :

$$\text{si } \Delta X > \Delta Y, U_x = U^x \text{ et } U_y = U^x \frac{\Delta Y}{\Delta X},$$

10 si  $\Delta Y > \Delta X$ ,  $U_y = U^x$  et  $U_x = U^x \frac{\Delta X}{\Delta Y}$ , c'est-à-dire que la tension de sortie correspondant au plus grand incrément des coordonnées est maintenue égale à la tension de référence  $U^x$ .

15 Or, la tension de sortie représentative de moindre incrément se trouve alors proportionnelle au rapport des codes respectifs.

Les tensions envoyées par les sorties 14 et 15 des convertisseurs numérique-analogique 5 et 6 sur les 20 entrées des convertisseurs tension-fréquence 22 et 23 sont transformées en séquences d'impulsions à fréquences  $f_x$  et  $f_y$  proportionnelles respectivement aux tensions  $U_x$  et  $U_y$ , la fréquence d'impulsions de la voie affectée au plus grand incrément des coordonnées étant 25 caractéristique de la tension de référence  $U^x$ , quel que soit le code de cet incrément. La fréquence d'impulsions de la voie affectée au moindre incrément des coordonnées est proportionnelle au rapport des codes respectifs. La variation de la tension de référence  $U^x$  30 offre la possibilité de régler les fréquences  $f_x$  et  $f_y$  de façon à vérifier la relation :

$$\frac{f_x}{f_y} = \frac{\Delta X}{\Delta Y}.$$

35 Ainsi, la réaction introduite entre la sortie 14 ou 15 du convertisseur numérique-analogique 5 ou 6, re-

- présentatif de plus grand incrément des coordonnées, et les entrées de référence 20 et 21 des convertisseurs numérique-analogique 5 et 6, qui maintient la tension de référence à une valeur pour laquelle la
- 5 tension de sortie du convertisseur numérique-analogique 5 ou 6 caractéristique de plus grand incrément des coordonnées, devient égale à la tension de référence provenant de la source réglable 9, permet de supprimer la servitude de la fréquence d'impulsions, pour une
- 10 tension de référence donnée, vis-à-vis des codes représentatifs de plus grand incrément des coordonnées, et de l'asservir à la variation de cette tension de référence dans une plage étendue suivant une certaine loi.
- 15 L'utilisation de l'interpolateur linéaire selon l'invention aura pour effet l'augmentation de l'efficacité des actionneurs, étant donné que la fréquence d'impulsions de commande transmises par la voie de plus grand incrément est indépendante des codes et assure
- 20 l'asservissement convenable des actionneurs par l'effet de la modification de la fréquence des impulsions de la voie affectée au plus grand incrément suivant une certaine loi aux moments utiles.

REVENDICATION

Interpolateur linéaire comportant un normalisateur numérique de codes composé de registres à décalage dont les entrées sont raccordées à une source d'information extérieure, deux convertisseurs numérique-analogique servant à transformer l'information numérique en tension continue, les entrées de ces convertisseurs étant reliées aux sorties des registres à décalage du normalisateur numérique de codes, caractérisé par le fait qu'il comprend également : une source de tension de référence réglable ; deux comparateurs destinés à comparer les tensions de sortie des convertisseurs numérique-analogique à une tension de référence et dont les premières entrées sont réunies en un point commun relié à la sortie de ladite source de tension de référence réglable et dont les deuxièmes entrées sont raccordées respectivement aux sorties des convertisseurs numérique-analogique ; un circuit OU dont les entrées sont reliées aux sorties des comparateurs ; un intégrateur dont l'entrée est reliée à la sortie du circuit OU, sa sortie étant raccordée à un point commun aux entrées de référence des convertisseurs numérique-analogique ; un convertisseur tension-fréquence en X servant à transformer les tensions continues en séquence des impulsions de commande et dont l'entrée est reliée à la sortie du convertisseur numérique-analogique et dont la sortie est raccordée à un circuit de commande d'un premier actionneur ; et un convertisseur tension-fréquence en Y qui a son entrée reliée à la sortie d'un deuxième convertisseur numérique-analogique et sa sortie raccordée à un circuit de commande d'un deuxième actionneur.

