

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
7 août 2003 (07.08.2003)

PCT

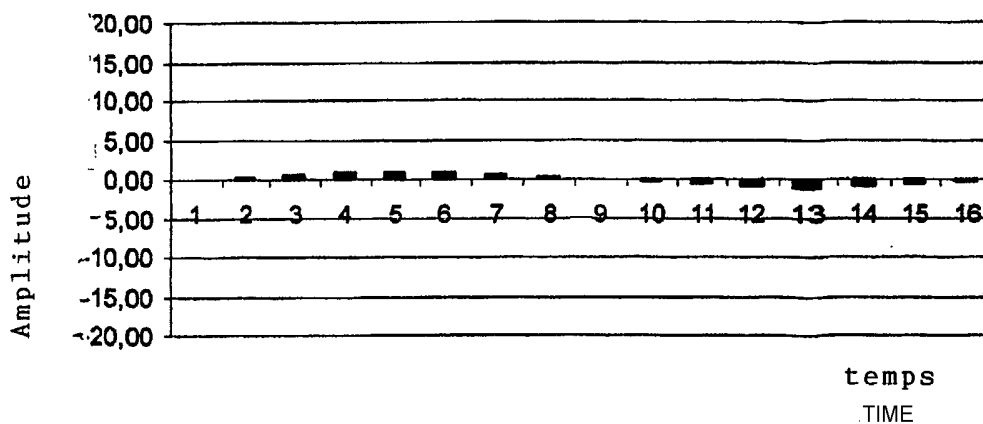
(10) Numéro de publication internationale
WO 03/065140 A2

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : G05D 1/03 (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : SOLAR & ROBOTICS SA [BE/BE]; Rue Franz Merjay 111, B-1050 Bruxelles (BE).
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/BE03/00015 (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : COLENS, André [BE/BE]; Rue du Baillois 5, B-1330 Rixensart (BE).
- (22) Date de dépôt international : 31 janvier 2003 (31.01.2003) (74) Mandataire : COLENS, Alain; Bureau Colens SPRL, Rue Franz Merjay 21, B-1050 Bruxelles (BE).
- (25) Langue de dépôt : français (81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 2002/0054 31 janvier 2002 (31.01.2002) BE

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: IMPROVEMENT TO A METHOD FOR CONTROLLING AN AUTONOMOUS MOBILE ROBOT ET RELATED DEVICE

(54) Titre : AMELIORATION A UN PROCEDE DE CONTROLE D'UN ROBOT MOBILE AUTONOME ET DISPOSITIF ASSOCIE



(57) Abstract: The invention concerns a navigation device for a mobile robot comprising means for measuring the amplitude and the phase of an electromagnetic signal emitted by a wire acting as limit for a working area of the robot. The measuring means samples the amplitude of the signal during each time interval, the result of each measurement is stored in a memory and the measurements are repeated for several time intervals, the collected results being added in said memories until the content of a memory reaches a reference threshold. The number of samples required and the content of each memory is interpreted by numerical analysis to determine the distance or distance variation relative to said limiting elements. Any phase change corresponding to a passage beyond the limiting wire is easily detected and results for example in a command returning the robot to its working area.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de navigation pour robot mobile comportant un moyen de mesure de l'amplitude et de la phase d'un signal électromagnétique périodique émis par un fil faisant office de limite pour une surface de travail du robot. Le moyen de mesure effectue un échantillonnage de l'amplitude du signal durant chaque période, le résultat de chaque mesure de l'échantillonnage est stocké dans une mémoire et les mesures sont répétées pendant plusieurs périodes, les résultats récoltés étant additionnés dans lesdites mémoires jusqu'à ce que le contenu

[Suite sur la page suivante]



WO 03/065140 A2



LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

d'une mémoire atteigne un seuil de référence. Le nombre d'échantillonnages nécessaire et le contenu de chaque mémoire est interprété par analyse numérique pour déterminer la distance ou variation de distance par rapport auxdits éléments de limite. Tout changement de phase correspondant au passage au delà du fil de limite est aisément détecté et résulte par exemple en une commande de retour du robot vers sa zone de travail.

Amélioration à un procédé de contrôle d'un robot mobile autonome et dispositif associé.

5

La présente invention concerne un moyen de contrôle d'un engin robotique mobile et autonome.

10 La plupart des engins mobiles autonomes, tels que les tondeuses à gazon automatiques, font appel, pour limiter leurs déplacements dans une zone de travail déterminée, à une barrière électronique, constituée d'un fil placé à la périphérie de la surface à couvrir et dans lequel circule
15 un signal électrique de faible intensité à basse fréquence (p.e. quelques dizaines de mA à 5 KHz).

Une connaissance précise de l'amplitude et de la phase du signal peut permettre au robot de se maintenir à
20 l'intérieur du périmètre défini par un fil périphérique. L'utilité de la mesure précise de l'amplitude du signal dans le cadre d'un système de navigation pour tondeuses à gazon automatiques a déjà été décrite dans la demande de brevet PCT/BE98/00038 (US 6.321.515).

25

La mesure de la phase du signal peut permettre de déterminer si la mesure est faite à l'intérieur ou à l'extérieur de la boucle générant le champ magnétique. En passant de l'intérieur de la boucle à l'extérieur les
30 lignes de force changent en effet de direction et génèrent un changement de phase du signal de 180° selon les lois générales de l'électromagnétisme.

La présente invention a pour objet de proposer un dispositif de mesure efficace et peu coûteux permettant à la fois une mesure précise de l'amplitude du signal avec un rapport signal bruit constant quel que soit la position du mobile sur la surface et la génération des informations de phase permettant au mobile de déterminer avec certitude s'il se trouve à l'intérieur ou à l'extérieur de la surface à couvrir.

10

Une des caractéristiques du dispositif et procédé selon l'invention consiste en l'utilisation pour la mesure de l'amplitude, d'une variante particulière d'un filtre adapté à la détection de signaux périodiques, déjà utilisé par exemple en astronomie pour la détection d'astres lointains, appelé "multichannel scaler" ou "averager". Ce type de filtre est décrit dans la littérature par exemple dans "The art of electronics", P. Horowitz, Cambridge University Press 2d Ed. Chap. 15 § 13 et suivants.

20

Ce type de dispositif effectue plusieurs échantillonnages synchrones de l'amplitude du signal durant chaque période. Chaque échantillon est stocké dans une mémoire indépendante (les corbeilles). Les mesures sont répétées durant plusieurs périodes et les échantillons correspondants sont additionnés dans chaque corbeille.

En d'autres mots, la forme du signal est co-additionnée modulo sa période.

30

L'avantage d'appliquer un tel dispositif à un engin
robotique mobile est qu'il permet d'extraire aisément, de
l'important bruit électrique généré par l'engin, la phase
et l'amplitude du signal périodique provenant du fil
5 périphérique.

A la fin de chaque période le contenu des corbeilles est
comparé avec une référence fixe. Si le contenu d'aucune
corbeille ne dépasse la valeur de référence, un compteur
10 est incrémenté. Après un certain nombre d'itérations le
contenu d'une des corbeilles dépasse nécessairement la
valeur de référence. La valeur du compteur est stockée et
le compteur remis à zéro.

15 La valeur C du compteur stockée, associée éventuellement à
une opération d'étalonnage, permet de déduire la distance
de la machine par rapport au fil périphérique. Au plus la
machine est éloignée du fil, au plus le signal est faible,
et plus élevé sera le nombre d'échantillonnages nécessaires
20 pour atteindre la valeur de référence.

La distance peut être déduite par exemple en appliquant la
relation $C=K*X ((D-X)/D)$ ou on suppose deux fils
parallèles, X est la distance du mobile au fil, D la
25 distance entre les fils et K est une constante qui tient
compte du gain du dispositif.

Comme on peut le comprendre un des avantages du dispositif
selon l'invention est que le rapport signal bruit de la
30 mesure reste constant quel que soit la valeur du signal,
c'est à dire quel que soit la distance de la machine par
rapport au fil périphérique, le facteur de sélectivité du
filtre étant proportionnel au nombre d'échantillons et ce
dernier inversement proportionnel à l'amplitude du signal.

L'ensemble des corbeilles donne également une représentation de la forme du signal (plus le nombre d'échantillons par période est grand plus précis sera la
5 forme du signal).

L'analyse numérique de la forme d'onde par l'ordinateur de bord permet aisément de détecter un changement de phase du signal particulièrement si celui-ci est asymétrique.

10

Dans le cas d'un signal symétrique, une référence de phase doit être conservée par l'ordinateur de bord. Ceci peut être obtenu soit en utilisant un oscillateur local stable dont la phase suit la phase du signal périphérique au moyen
15 d'un PLL, la boucle de réaction étant ouverte si le mobile sort de l'enceinte, soit en utilisant une seconde bobine positionnée sur un côté de l'engin mobile. Dans ce dernier cas lorsque l'engin traverse la limite, une des deux bobines se trouve à l'extérieur et l'autre à l'intérieur de
20 la limite du fil périphérique. La différence de phase est détectée immédiatement et l'engin revient entièrement à l'intérieur de sa surface de travail.

Il est à noter qu'indépendamment de la détection de
25 changement de phase de 180° provoqué par un passage du fil périphérique, le système est également apte à détecter une modulation de phase générée par le générateur du fil périphérique, et par conséquent de recevoir un message envoyé par le fil périphérique à la machine. Ce message
30 peut être un message de paramétrage ou un message de commande, par exemple de retour du robot à la station de recharge.

En résumé l'invention propose donc entre autres un dispositif de navigation pour robot mobile comportant un microprocesseur et un moyen de mesure de l'amplitude d'un signal électromagnétique périodique de basse fréquence émis
5 par un ou des éléments de limite, par exemple un fil, placés à la périphérie de la surface de travail dudit robot mobile, ledit moyen de mesure effectuant un échantillonnage de l'amplitude du signal durant chaque période, le résultat de chaque mesure de l'échantillonnage étant stocké dans une
10 mémoire indépendante et les mesures étant répétées pendant plusieurs périodes, les résultats récoltés étant additionnés dans lesdites mémoires jusqu'à ce que le contenu d'une mémoire atteigne un seuil de référence, le nombre d'échantillonnages nécessaire et le contenu de
15 chaque mémoire pouvant alors être interprété par analyse numérique par le microprocesseur pour déterminer la distance ou variation de distance par rapport auxdits éléments de limite.

20

Les figures présentées en annexe illustrent l'invention à titre d'exemple uniquement.

Les figures 1 à 3 montrent l'évolution du contenu des
25 corbeilles après respectivement 2, 10, 36 périodes de 200 μ sec. A la 36ème période le contenu de la corbeille n°5 dépasse la valeur fixée de 18 unités (référence fixe).

Ce nombre de périodes, ainsi éventuellement que la valeur
30 précise du contenu de la corbeille n°5, sont mémorisés et utilisés par l'ordinateur de bord pour déterminer la distance au fil périphérique. Cette détermination peut être relative ou absolue. Une détermination relative est

suffisante si l'engin robotique, selon son algorithme interne de navigation, doit simplement suivre un parcours parallèle au fil périphérique.

- 5 La figure 4 montre un diagramme de blocs explicitant les différentes phases de la boucle de mesure.

Les figures 5 et 6 illustrent le contenu des corbeilles pour un signal carré asymétrique, l'engin étant
10 respectivement à l'intérieur et à l'extérieur du fil périphérique, ou inversement.

Si l'on observe le contenu des corbeilles pour deux signaux asymétriques déphasés de 180° on voit aisément que dans le
15 cas du signal de la figure 5 il a 4 corbeilles positives et que dans le cas du signal de la figure 6 il y en a 12.

L'invention peut être appliquée ou adaptée à d'autres dispositifs que des tondeuses à gazon, p.e. des engins de
20 ramassage d'objets ou des aspirateurs robotiques.

25

30

Revendications

5

1. Dispositif de navigation pour robot mobile comportant un microprocesseur et un moyen de mesure de l'amplitude d'un signal électromagnétique périodique émis par un ou des éléments de limite, par exemple un fil, placés à la

10 périphérie de la surface de travail dudit robot mobile, ledit moyen de mesure effectuant un échantillonnage de l'amplitude du signal durant chaque période, le résultat de chaque mesure de l'échantillonnage étant stocké dans une mémoire indépendante et les mesures étant répétées pendant

15 plusieurs périodes, les résultats récoltés étant additionnés dans lesdites mémoires jusqu'à ce que le contenu d'une mémoire atteigne un seuil de référence, le nombre d'échantillonnages nécessaire et le contenu de chaque mémoire pouvant alors être interprété par analyse

20 numérique par le microprocesseur pour déterminer la distance ou variation de distance par rapport auxdits éléments de limite.

2. Dispositif selon la revendication 1 dans lequel le moyen de mesure de l'amplitude est aussi un moyen de mesure de la

25 phase.

3. Dispositif de navigation selon la revendication 2 dans lequel l'analyse numérique détecte la forme du signal et

30 est apte à déterminer un changement de phase provoqué par le passage du robot au delà desdits éléments de limite.

4. Dispositif selon n'importe laquelle des revendications précédentes dans lequel l'analyse numérique permet de détecter une modulation de phase générée par le générateur du fil périphérique, et par conséquent de recevoir un message envoyé par le fil périphérique au robot mobile.
- 5
5. Dispositif selon la revendication 1 dans lequel le message est une commande de retour du robot à une station de recharge.
- 10
6. Dispositif selon n'importe laquelle des revendications précédentes dans lequel une référence de phase est conservée par l'ordinateur de bord.
- 15
7. Dispositif selon n'importe laquelle des revendications précédentes adapté à une tondeuse à gazon robotique.
8. Dispositif selon n'importe laquelle des revendications précédentes dans lequel la fréquence du signal électromagnétique périodique varie de 1 à 15 kHz.
- 20
9. Dispositif selon n'importe laquelle des revendications précédentes dans lequel le nombre d'échantillonnages par période varie de 4 à 64.
- 25
10. Dispositif selon n'importe laquelle des revendications précédentes comportant deux détecteurs d'amplitude du signal périodique, situés à deux endroits différents de l'engin mobile.
- 30
11. Procédé de contrôle d'un engin robotique mobile faisant appel à un dispositif selon n'importe laquelle des revendications précédentes.

12. Procédé de contrôle d'un engin robotique mobile comportant la mesure de l'amplitude et de la phase d'un signal électromagnétique périodique émis par un ou des éléments de limite, par exemple un fil, placés à la périphérie de la surface de travail dudit robot mobile, ledit moyen de mesure effectuant un échantillonnage de l'amplitude du signal durant chaque période, le résultat de chaque mesure de l'échantillonnage étant stocké dans une mémoire indépendante et les mesures étant répétées pendant plusieurs périodes, les résultats récoltés étant additionnés dans lesdites mémoires jusqu'à ce que le contenu d'une mémoire atteigne un seuil de référence prédéterminé, le nombre d'échantillonnages nécessaire et le contenu de chaque mémoire pouvant alors être interprété par analyse numérique par le microprocesseur pour déterminer la distance ou variation de distance par rapport auxdits éléments de limite et/ou la forme dudit signal périodique.

13. Procédé selon la revendication 12 dans lequel une commande de retour de l'engin robotique est émis lorsqu'un changement de phase est détecté.

25

30

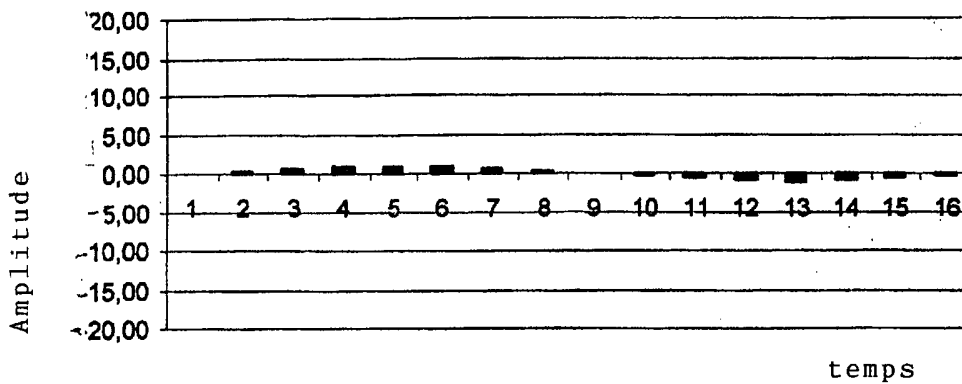


Fig.1

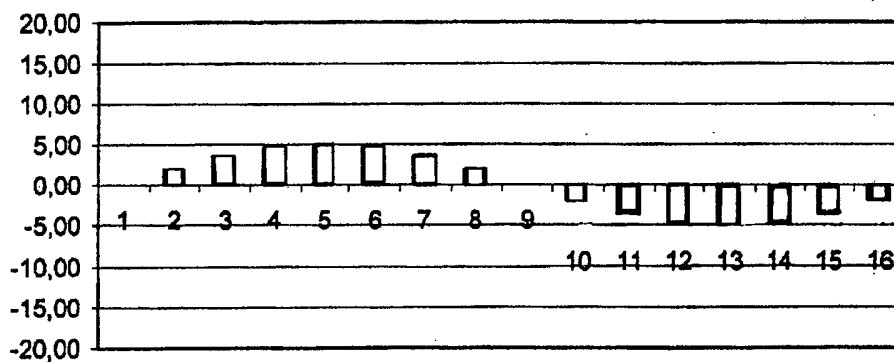


Fig. 2

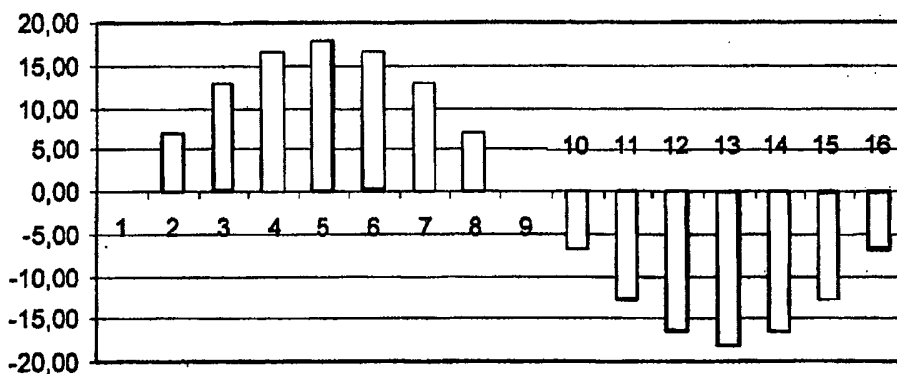


Fig.3

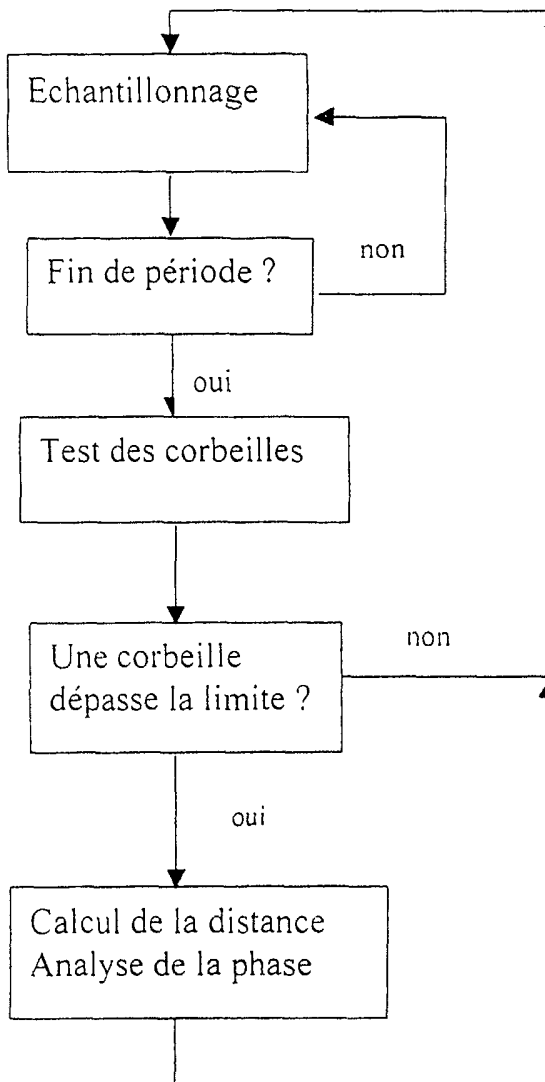


Fig. 4

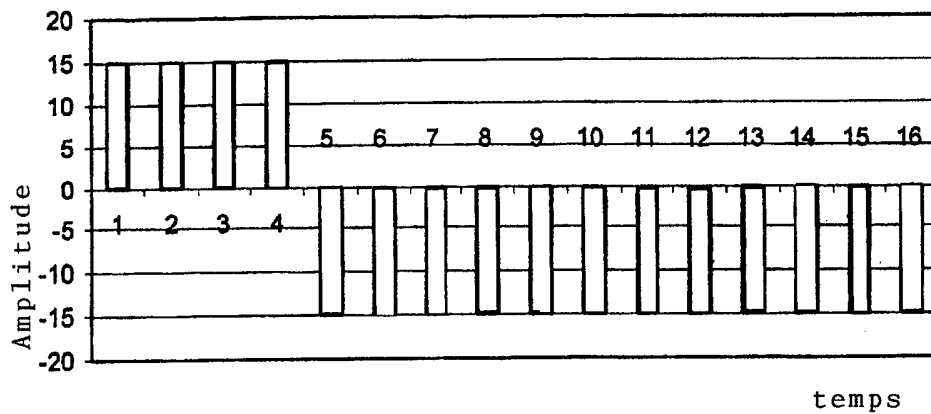


Fig. 5

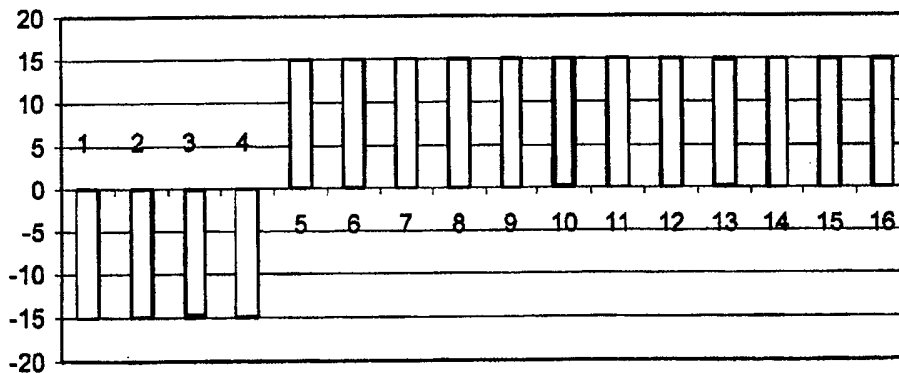


Fig. 6