

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: 80105189.7

(51) Int. Cl.³: **G 04 C 3/14**

(22) Date de dépôt: 01.09.80

(30) Priorité: 04.09.79 FR 7922609

(43) Date de publication de la demande:
11.03.81 Bulletin 81/10

(84) Etats Contractants Désignés:
CH DE GB IT LI

(71) Demandeur: **SOCIETE SUISSE POUR L'INDUSTRIE
HORLOGERE MANAGEMENT SERVICES S.A.**
Rue Stämpfli 96
CH-2500 Bienne(CH)

(72) Inventeur: **Tu Xuan, Mai**
Rue Blancherie 18
CH-1022 Chavannes(CH)

(72) Inventeur: **Jufer, Marcel**
Chemin d'Orjuz
CH-1110 Morges(CH)

(72) Inventeur: **Pittet, André Indian Institute of Science**
Centre for electronics design technology
Bangalore 560012(IN)

(74) Mandataire: **Coutts, William Robert**
SSIH Management Services S.A. Patent Service Rue
Stämpfli 96
CH-2500 Bienne(CH)

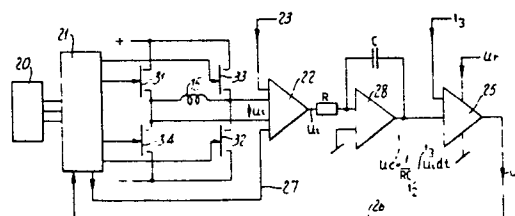
(54) **Détecteur d'avance d'un moteur pas à pas.**

(57) Dispositif d'alimentation permettant de détecter l'avance d'un moteur pas à pas et d'envoyer audit moteur un train d'impulsions de longue durée si un pas n'a pas été franchi en réponse à une impulsion de courte durée.

Le détecteur comprend des moyens pour prélever un premier signal (U_i) développé par la tension induite dans la bobine du moteur (15) pendant une période déterminée et pour créer un second signal (U_s) qui soit l'intégrale du premier, l'amplitude dudit second signal indiquant si le pas a été franchi ou non.

L'invention s'applique aux micromoteurs pour pièces d'horlogerie.

Fig.4.



Détecteur d'avance d'un moteur pas à pas

La présente invention a pour objet un dispositif d'alimentation d'un moteur pas à pas monophasé pour pièce d'horlogerie arrangé pour commander la marche du moteur par un premier type d'impulsions bipolaires de faible largeur ou par un second type d'impulsions bipolaires de plus grande lar-
 5 geur, un train dudit second type d'impulsions étant envoyé au moteur si ce dernier n'a pas progressé d'un pas en réponse audit premier type d'impulsions.

Des dispositifs de commande de ce type sont connus et pour remédier aux inconvénients qu'ils présentent, la requérante a proposé une solution
 10 nouvelle dans sa demande de brevet qui porte le numéro d'enregistrement 8 0 1 0 3 3 6 6 . 3 et qui revendique le fait que le dispositif de commande comprend un détecteur de pas comprenant des premiers moyens pour prélever un premier signal U_d développé par le courant qui parcourt la bobine dudit moteur et des seconds moyens pour créer un second signal

$$15 \quad U_c = \int_0^T U_d dt$$

dont la valeur indique si le moteur a progressé d'un pas en réponse à une impulsion de faible largeur.

La demande de brevet citée propose deux premiers moyens possibles pour prélever le premier signal U_d développé par le courant qui parcourt
 20 la bobine du moteur.

Un moyen de détection comporte un pont dont une des branches est occupée par la bobine du moteur, l'une des diagonales étant alimentée par les impulsions motrices et l'autre des diagonales délivrant le signal U_d . Si ce système présente de grands avantages sur ceux que propose l'état de
 25 la technique, il a l'inconvénient de ne prélever qu'une tension U_d très faible (de l'ordre de 20 mV) qui est une différence entre deux tensions de grande amplitude (de l'ordre de 1,5 V). Comme le coefficient de température de la résistance de la bobine du moteur et celui des autres résistances du pont ne sont pas les mêmes, on peut montrer que le dispositif
 30 ne fonctionnera pas de façon sûre dans une gamme étendue de température (par exemple de - 100°C à + 60°C).

Un autre moyen de détection proposé par la demande citée comprend une bobine caprice insérée dans le circuit magnétique du moteur, la tension développée aux bornes de ladite bobine délivrant le signal U_d . Ce signal

présente l'avantage de supprimer le pont de résistance cité plus haut ainsi que les pertes qu'il entraîne et si la bobine comporte un nombre suffisant de spires la tension U_d recueillie sera d'une amplitude plus confortable que celle prenant naissance sur la diagonale du pont. Il présente
5 cependant l'inconvénient de nécessiter une bobine auxiliaire dans le circuit magnétique du moteur, ce qui accroît le coût de construction et complique le câblage de la montre.

C'est le but de la présente invention d'éliminer les inconvénients ci-dessus et de réaliser un dispositif de commande qui, s'il reste basé
10 sur le principe général décrit dans la demande de brevet citée, propose des moyens nouveaux pour prélever le signal U_d aux bornes du moteur.

Ce but est atteint grâce aux moyens revendiqués.

L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description qui va suivre et des dessins qui représentent le fonctionnement du moteur et de
15 son dispositif de commande.

La figure 1 est l'organigramme d'une alimentation avec contrôle du pas.

La figure 2 représente les divers signaux appliqués au moteur.

La figure 3 représente l'allure du couple mutuel, du couple de positionnement et du flux mutuel aimant bobine en fonction de la position du rotor.

La figure 4 montre le schéma de principe du détecteur de position selon l'invention.

La figure 5 est un graphique représentant la tension d'alimentation
25 U_a , la tension induite U_i , la tension U_c à la sortie de l'intégrateur quand le rotor a franchi son pas.

La figure 6 est un graphique représentant les mêmes données qu'en figure 5 quand le rotor n'a pas franchi son pas.

L'invention qui va être décrite vise en premier lieu la réduction de
30 la consommation de la pièce d'horlogerie. On constate en effet qu'un micro-moteur de montre travaille en général pratiquement à vide. Toutefois, pour assurer un bon fonctionnement dans des cas particuliers comme variation de température, champ magnétique extérieur, choc, accélération angulaire, etc., on est obligé de le suralimenter, ce qui conduit à une consommation inutile de l'énergie de la pile. L'invention propose un nouveau
35 dispositif du contrôle du pas du moteur qui permet d'adapter, avec de grandes marges de sécurité, l'alimentation en fonction de la charge, d'où

il résulte un gain appréciable sur la consommation d'énergie.

Le principe général d'alimentation du moteur tel qu'il a déjà été mentionné dans la demande de brevet citée plus haut est représenté dans la figure 1 qui est un organigramme d'alimentation avec contrôle du pas. Le 5 moteur est alimenté normalement par des impulsions de courte durée (par exemple 6 ms) émises par le générateur 1. Un détecteur de position 2, objet de la présente invention et qui sera décrit en détail plus loin permet de contrôler si le moteur a fait son pas. Si oui, l'organe de décision 3 fait savoir via la ligne 4 au générateur 1 qu'il doit continuer à alimen- 10 ter le moteur. Si non, le même organe de décision commande par la ligne 5 le générateur 6 qui émet des impulsions de longue durée (par exemple 8 ms) qui alimentent le moteur et se substituent aux impulsions de courte durée. Cette substitution a lieu pendant un temps de n secondes fixé par le comp- 15 teur 7. Après ce laps de temps, le moteur est à nouveau alimenté par des impulsions de courte durée. On voit que le moteur est alimenté alternati- vement et suivant les besoins soit par la boucle 8 donnant des impulsions de courte durée, le détecteur étant en fonctionnement, soit par la boucle 9 donnant des impulsions de longue durée pendant un temps déterminé par le 20 compteur, le détecteur étant hors circuit. Les différentes anomalies qui peuvent se présenter lors du fonctionnement dues aux causes dont il a été question plus haut durent un certain temps. On comprendra donc qu'envoyer systématiquement une impulsion longue après chaque impulsion courte n'ayant pas réussi à faire progresser le moteur d'un pas serait dispendieux en é- 25 nergie consommée et contraire au but que l'invention se propose d'atteindre. La durée pendant laquelle sont envoyées au moteur les impulsions longues est de l'ordre de 5 minutes, mais d'autres valeurs pourraient être choisies.

La figure 2a représente le train d'impulsions courtes qui est envoyé au moteur lorsque celui-ci franchit son pas. Les impulsions 10, bipolaires 30 et d'une durée de l'ordre de 6 ms, sont émises toutes les secondes par le générateur 1. La figure 2b représente le train d'impulsions longues 11 d'une durée de l'ordre de 8 ms émis par le générateur 6, impulsions se succédant à un rythme de une seconde. Pour les raisons qui seront expliquées plus loin, le début de l'impulsion longue est décalé de 40 ms par 35 rapport au début de l'impulsion courte et lorsque le détecteur de position, après l'impulsion 12 montrée en figure 2c, décelle une absence de rotation, le trains d'impulsions longues 13 est envoyé au moteur pendant envi-

ron 5 minutes, après quoi le moteur est commuté à nouveau sur les impulsions courtes 14.

La figure 3 représente la valeur des couples C qui agissent sur le rotor en fonction de son angle de rotation α . Comme il est connu, le rotor du moteur pas à pas est soumis à deux sortes de couples : un couple statique de maintien C_a dû à l'aimant seul et un couple dynamique moteur C_{ab} dû à l'interaction du flux de l'aimant avec le flux de la bobine lorsque celle-ci est alimentée. Initialement le rotor est en position S_1 . Si une impulsion est envoyée au moteur et qu'il franchit son pas, il se retrouvera en position S_2 . Sur la même figure 3, on a représenté la valeur du flux mutuel aimant - bobine ψ en fonction de l'angle de rotation du rotor. La présente invention est justement basée sur la valeur de ce flux qui prend des valeurs différentes selon que le moteur a progressé d'un pas ou non.

Dans la demande de brevet citée plus haut, la requérante propose d'intégrer la tension recueillie aux bornes du moteur entre un temps $t = 0$ et un temps $t = T \approx 30$ ms pour lequel tout courant a cessé dans la bobine du moteur. Cette façon de faire oblige l'utilisation du pont de résistances ou de la bobine auxiliaire, comme cela a été expliqué.

La présente invention, elle, propose de n'utiliser que la bobine principale du moteur pour détecter la différence de flux qui est égale à la tension induite développée aux bornes de la bobine, intégrée entre deux limites qui seront définies plus bas. Comme cette bobine n'est pas disponible pendant le temps d'alimentation ou d'impulsion motrice, l'intégration ne pourra plus avoir lieu à partir du temps $t = 0$, mais à partir d'un temps $t = t_2$ qui est le temps nécessaire au rotor du moteur pour franchir un pas, c'est-à-dire passer de la position S_1 à la position S_2 .

Comme le montre la figure 3, la valeur du flux ψ vaut $\psi(t_2)$ si le rotor a franchi son pas et qu'il se trouve en position S_2 . Cette valeur sera la même si on la mesure à un temps t_3 qui suit le temps t_2 et qui lui est distant de plusieurs millisecondes. En conséquence :

$$U_c = \frac{1}{RC} \int_{t_2}^{t_3} U_i dt = \frac{1}{RC} [\psi(t_3) - \psi(t_2)] = 0$$

puisque $\psi(t_2) = \psi(t_3)$ comme cela vient d'être dit. Ceci signifie que si le rotor a franchi son pas, la tension à la sortie de l'intégrateur est substantiellement nulle.

On supposera maintenant que, à la suite d'une augmentation de charge,

le rotor n'a pas franchi son pas. Dans ce cas, comme le montre la figure 3, le rotor se trouvera au temps $t = t_2$, par exemple au point M situé entre S1 et S2. A cette position correspond une valeur de flux $\Psi (M)$. Au temps $t = t_3$, le rotor sera retourné à son point de départ S1 pour lequel la valeur du flux est de $\Psi (S1)$. En conséquence

$$U_c = \frac{1}{RC} \int_{t_2}^{t_3} U_i dt = \frac{1}{RC} \left[\Psi (S1) - \Psi (M) \right] \neq 0$$

ce qui signifie que si le rotor n'a pas franchi son pas, la tension à la sortie de l'intégrateur est différente de zéro.

Cette démonstration montre bien qu'en intégrant la tension induite développée par le moteur entre un temps $t = t_2$ qui est celui nécessaire au déplacement du rotor à sa nouvelle position S2 et un temps $t = t_3$ qui suit le temps t_2 et qui lui est distant de plusieurs millisecondes, on obtient deux niveaux de tension très différents suivant que le moteur a fait son pas ou non. Pour cette mesure, il est nécessaire de mettre le moteur en circuit ouvert entre les temps t_2 et t_3 , ce qui est réalisé par un circuit de commutation qui sera expliqué plus loin. Entre la période d'alimentation (0 à t_1) et la période de mesure de la tension induite (t_2 à t_3), il est prévu une période de court-circuit de la bobine (t_1 à t_2) qui sert à stabiliser le mouvement du rotor. De même, il est prévu entre la période t_2 à t_3 et le moment de l'arrivée d'une nouvelle impulsion motrice en t_4 une période t_3 à t_4 où la bobine du moteur est mise en court-circuit, ceci permettant au moteur de mieux résister aux chocs qui peuvent se présenter.

La figure 4 montre un schéma de principe possible pour mettre en oeuvre l'invention. Dans ce schéma, la bobine 15 du moteur reçoit des impulsions alternées lorsque les interrupteurs 31 - 32, respectivement 33 - 34 sont fermés. Ces interrupteurs forment un circuit de commutation. Le tableau ci-après indique la position des interrupteurs 31 à 34 en fonction des périodes (0 à t_1) à (t_3 à t_4) définies plus haut et selon l'invention. Pour une impulsion positive, la séquence de commande des interrupteurs s'écrit de la façon suivante :

Période	Interrupteurs			
	31	32	33	34
0 à t ₁ (0 à 5,5 ms)	fermé	fermé	ouvert	ouvert
t ₁ à t ₂ (5,5 à 12 ms)	fermé	ouvert	fermé	ouvert
t ₂ à t ₃ (12 à 30 ms)	ouvert	ouvert	ouvert	ouvert
t ₃ à t ₄ (30 ms à 1 s)	fermé	ouvert	fermé	ouvert

Il est bien clair que dans les techniques actuelles se sont des transistors qui jouent le rôle des interrupteurs. De plus, les valeurs des périodes sont indicatives et conviennent pour une certaine construction de moteur. D'autres valeurs pourraient être choisies sans s'écarter pour autant de l'objet de l'invention.

Le circuit de commutation 31 à 34 est commandé par un circuit de remise en forme 21 lui-même recevant ses informations d'un circuit oscillateur - diviseur 20. Ce circuit 21 comprend le générateur d'impulsions courtes 1 et le générateur d'impulsions longues 6 et le compteur 7, tel que cela a été expliqué à propos de la figure 1. Les électrodes de commande des transistors 31 à 34 sont commandées par les signaux de la figure 2a selon les séquences du tableau ci-dessus ou par les signaux de la figure 2c suivant que le rotor du moteur a franchi son pas ou non. La tension U_i recueillie aux bornes de la bobine 15 est connectée à l'entrée d'un circuit différentiel 22. Un signal de commande 23 ouvre ce circuit pendant la seule période t₂ à t₃, c'est-à-dire pendant le temps où doit être lue la tension induite développée par le moteur. La tension U_i recueillie à la sortie du circuit 22, rendue asymétrique, peut attaquer l'intégrateur 28. A la sortie de l'intégrateur, le signal

$$U_c = \int_{t_2}^{t_3} U_i dt$$

est comparée à un signal de référence U_r dans un comparateur 25. Cette comparaison a lieu à la fin de la période d'intégration, c'est-à-dire au temps t₃ grâce à un signal d'horloge provenant du diviseur de fréquence. Si U_c est plus petit que U_r, le moteur a franchi son pas et il n'apparaît aucun signal à la sortie du comparateur : le circuit de commande continue à émettre des impulsions de courte durée. Si au contraire U_c est plus

grand que U_r , le moteur n'a pas franchi son pas et il apparaît un signal U_s à la sortie du comparateur qui, par la ligne 26, oblige le circuit de commande à émettre un train d'impulsions de longue durée 13 comme cela est montré en figure 2c. Pendant le temps où sont émises les impulsions 13, on
5 bloque le circuit 22 par la ligne 27.

Comme expliqué plus haut, la mesure de la tension U_c par le comparateur a lieu à la fin de la période d'intégration, au temps t_3 . Comme ce temps t_3 est de l'ordre de 30 ms, on comprendra la raison du décalage entre le début de l'impulsion courte et le début du train d'impulsions lon-
10 gues, comme montré sur la figure 2c. Ce décalage dépend naturellement de l'instant qui a été choisi pour la mesure de la tension U_c puisque le train d'impulsions longues n'interviendra, si nécessaire, qu'après ladite mesure. La figure indique un décalage de 40 ms pour une mesure faite après 30 ms. Si cette mesure est faite plus tôt suivant le type de moteur, par
15 exemple après 20 ms déjà, le décalage pourra être raccourci à 30 ms.

La figure 5 est un graphique représentant la tension aux bornes du moteur, U_a étant la tension d'alimentation, U_i la tension induite à partir du temps t_2 et U_c la tension à la sortie de l'intégrateur. Le graphique montre aussi le courant i dans la bobine du moteur. Dans ce cas, la
20 charge appliquée au moteur est de $0,05 \mu\text{Nm}$ et on constate que le moteur a franchi son pas. La tension U_c recueillie à la sortie de l'intégrateur est nulle au temps t_3 (30 ms), instant de la mesure par le comparateur, et aucun signal n'apparaît à la sortie dudit comparateur.

La figure 6 est un graphique qui représente la situation dans laquelle
25 le se trouve le même moteur pour une charge de $0,1 \mu\text{Nm}$ et pour laquelle il est constaté que le rotor n'a pas franchi son pas. La tension U_c recueillie à la sortie de l'intégrateur est très grande au temps t_3 (30 ms), instant de la mesure par le comparateur, et un signal apparaît à la sortie dudit comparateur qui oblige le circuit de commande à émettre un train
30 d'impulsions de longue durée.

Les améliorations qui viennent d'être décrites confèrent au moteur un asservissement très sûr, lequel asservissement a pour but, comme déjà mentionné auparavant, de diminuer la consommation d'énergie de la pièce d'horlogerie et d'y parvenir en intégrant la tension induite développée aux
35 bornes du moteur. Le système peut convenir à n'importe quel type de moteur pas à pas. Si ce moteur est dimensionné pour l'asservissement que propose la présente invention, une économie d'énergie de l'ordre de 60 % peut être mesurée.

Revendications :

1. Dispositif d'alimentation d'un moteur pas à pas monophasé pour pièce d'horlogerie arrangé pour commander la marche du moteur par un premier type d'impulsions bipolaires de faible largeur ou par un second type d'impulsions bipolaires de plus grande largeur, un train dudit second type d'impulsions étant envoyé au moteur si ce dernier n'a pas progressé d'un pas en réponse audit premier type d'impulsions, caractérisé par le fait qu'il comprend des premiers moyens grâce auxquels, après chaque impulsion bipolaire de faible largeur de première période 0 à t₁, le moteur est mis en circuit ouvert pendant une seconde période t₂ à t₃ et des seconds moyens pour détecter un premier signal U_i développé aux bornes du moteur pendant ladite seconde période et pour créer un second signal

$$U_c = \int_{t_2}^{t_3} U_i dt$$

qui, s'il est supérieur à un signal de référence donné, indique que le moteur n'a pas progressé d'un pas en réponse à une impulsion de faible largeur et qu'il doit être alimenté par ledit train d'impulsions de plus grande largeur.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le moteur est mis en court-circuit pendant une période t₁ à t₂ située entre ladite première période 0 à t₁ et ladite seconde période t₂ à t₃ et pendant une période t₃ à t₄ située entre ladite seconde période t₂ à t₃ et l'arrivée de la prochaine impulsion motrice.

3. Dispositif selon les revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que lesdits premiers moyens comportent un système de commande pour commander la marche du moteur par ledit premier type d'impulsions comprenant un oscillateur, un diviseur de fréquence, un circuit de remise en forme, un circuit de commutation incluant la bobine du moteur et que lesdits seconds moyens comportent un circuit différentiel pour prélever ledit premier signal U_i, un intégrateur pour intégrer ledit signal U_i et créer ledit second signal U_c et un comparateur pour comparer ledit signal U_c à un signal de référence U_r pour produire un signal de détection U_s si le moteur n'a pas progressé d'un pas en réponse à ladite impulsion de faible largeur.

4. Dispositif selon les revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que la valeur des temps t₁ à t₃ est comprise dans les fourchettes suivantes : t₁ de 2 à 7 ms, t₂ de 8 à 20 ms et t₃ de 20 à 40 ms.

1/4

Fig.1.

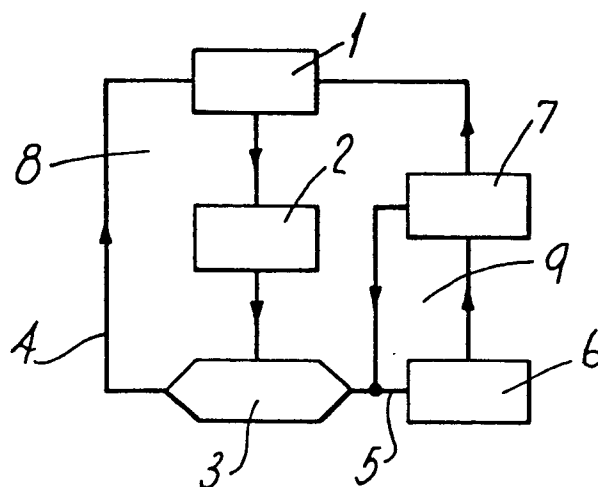


Fig. 2a.

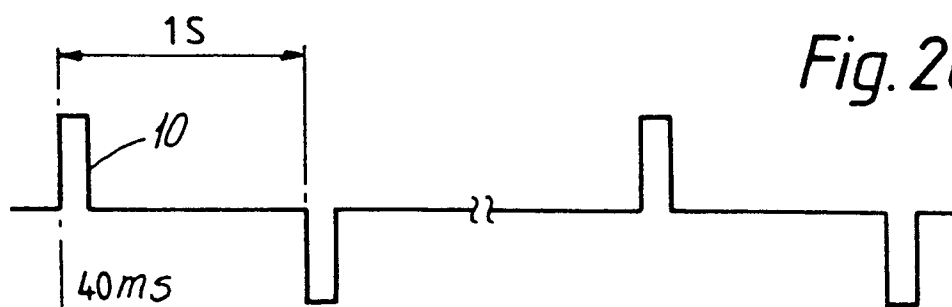


Fig. 2b.

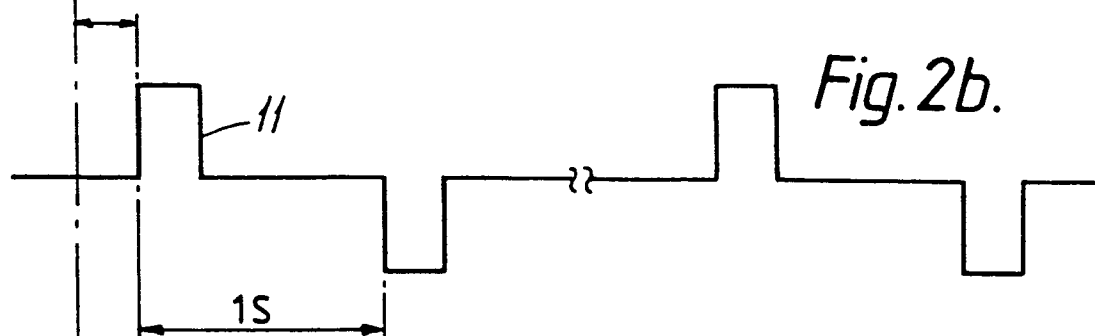


Fig. 2c.

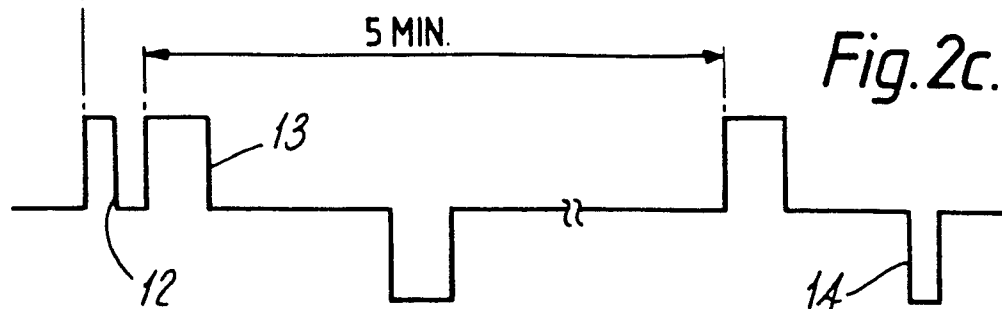


Fig.3.

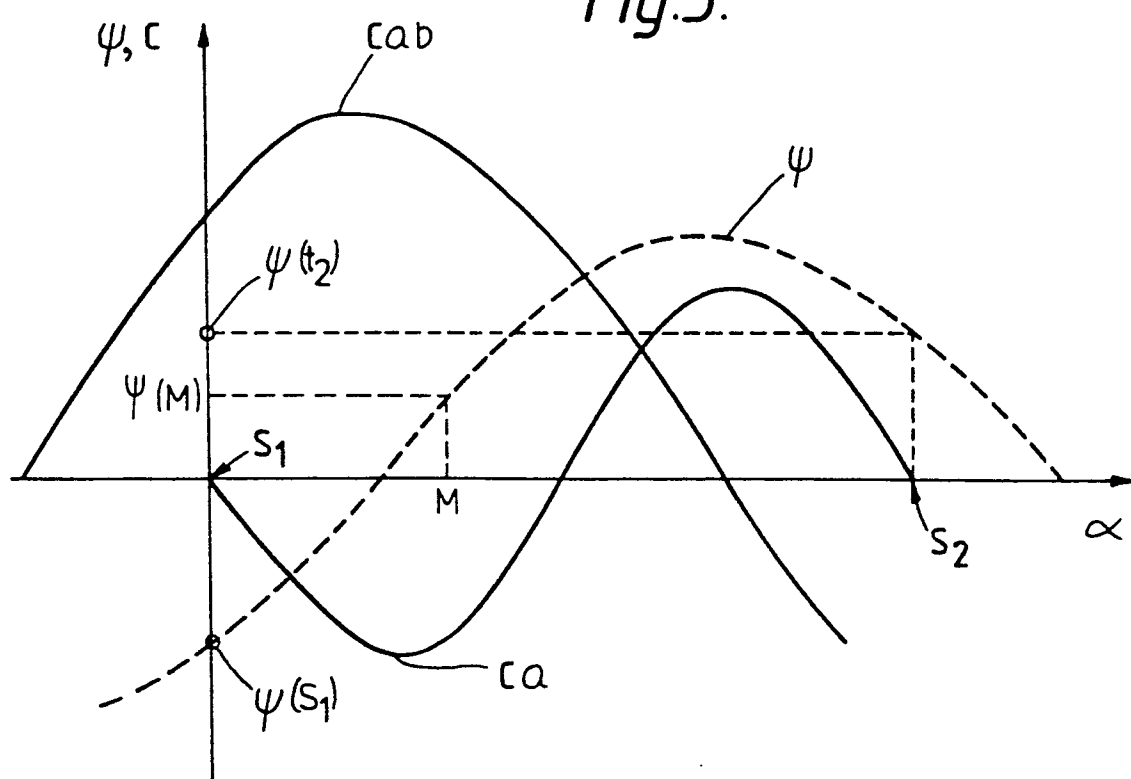
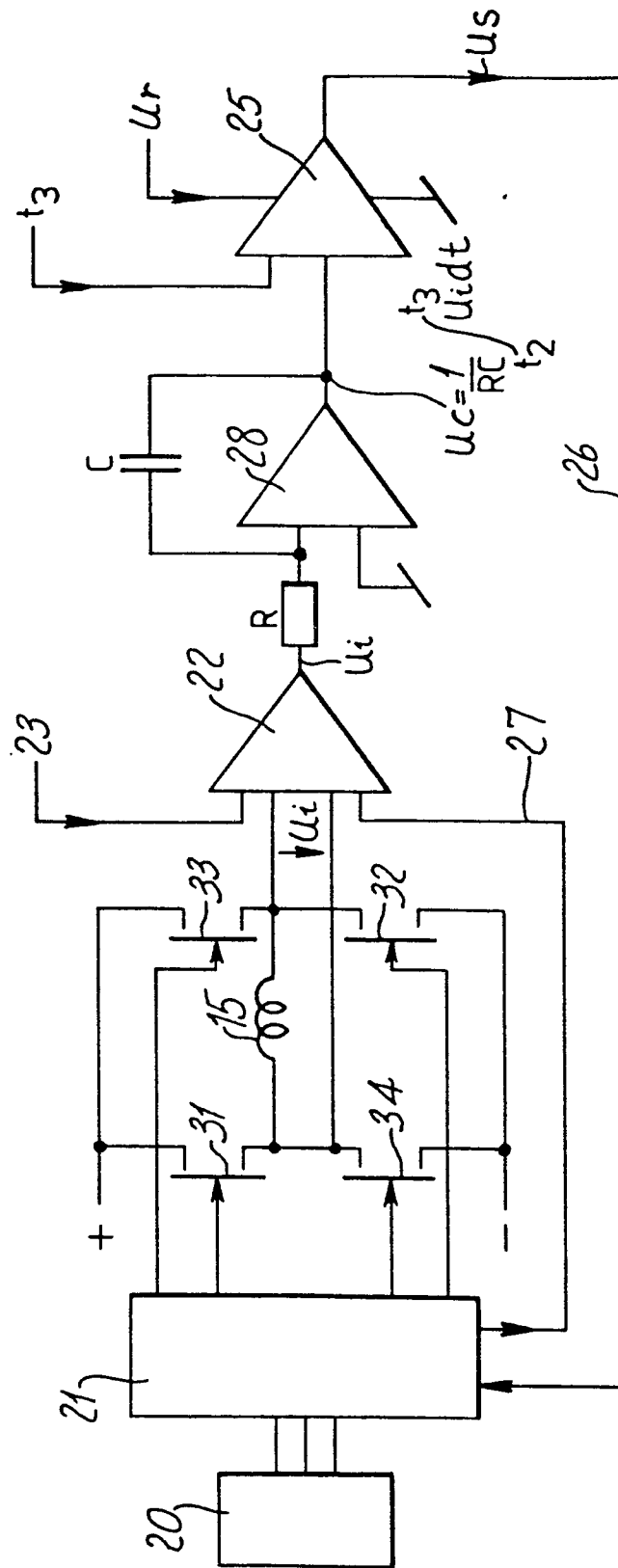
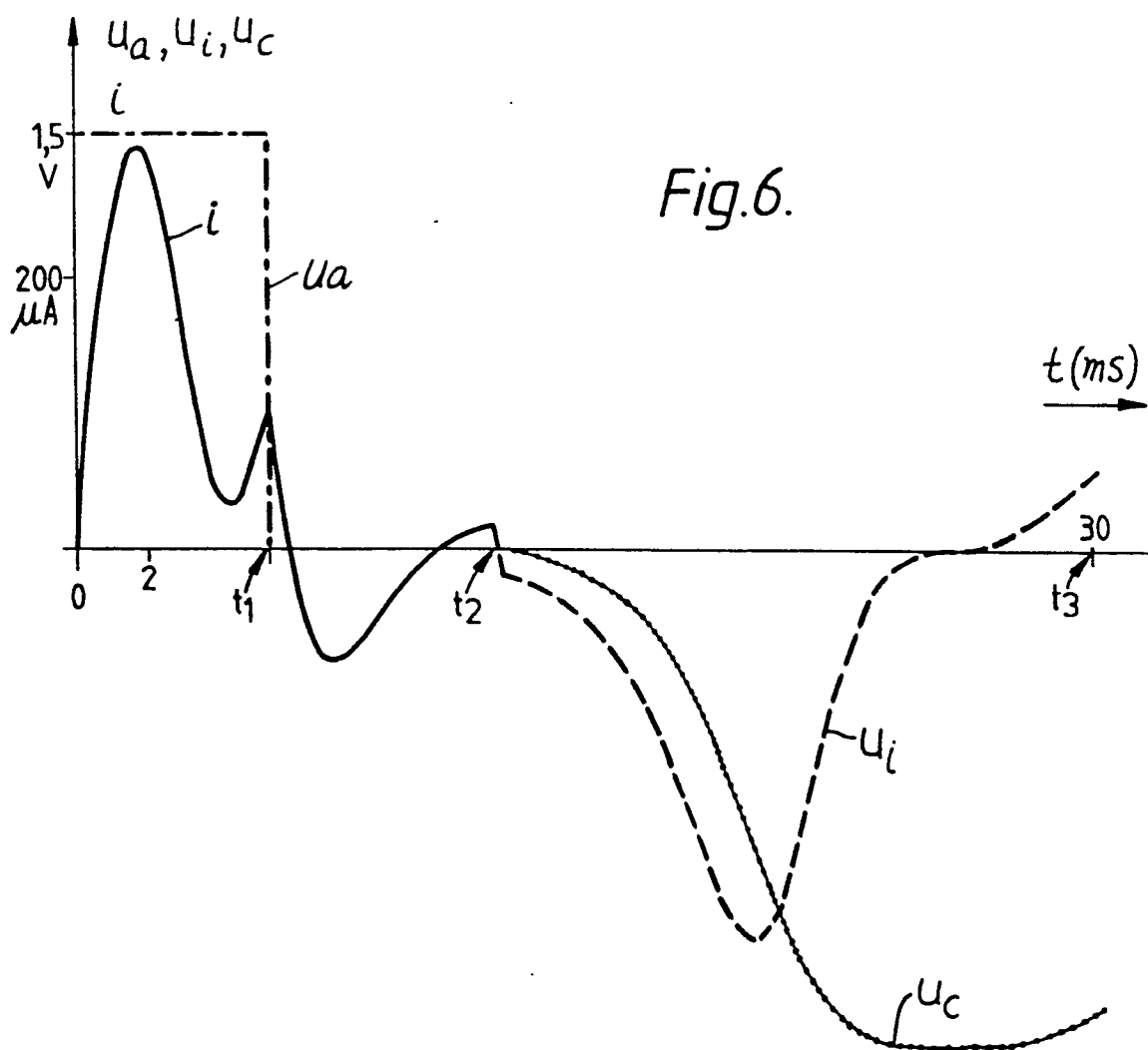
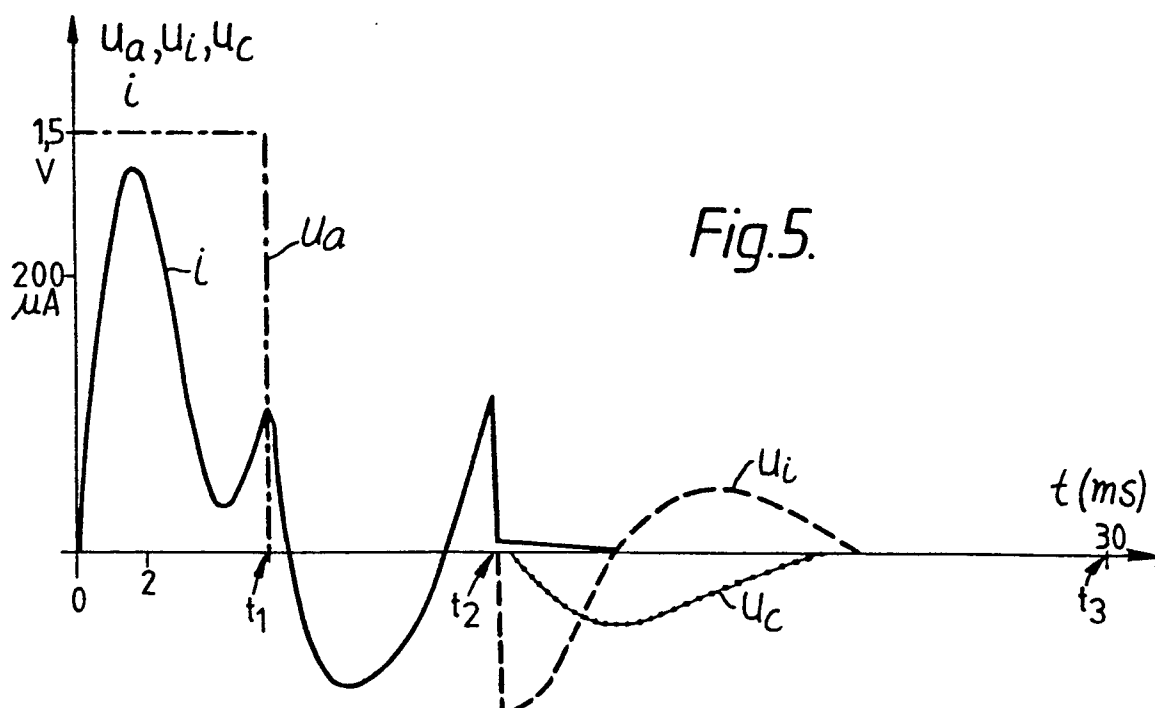


Fig.4.



4/4





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	FR - A - 2 388 323 (K.K. DAINI SEIKOSHA) * Page 7, ligne 25 - page 8, ligne 24 *	1	G 04 C 3/14
	--		
F	ACTES DU 10e CONGRES INTERNATIONAL DE CHRONOMETRIE, 10 au 14 septembre 1979, Partie 3 Büren CH A. PITTET et al.: "Amélioration de la fiabilité et de la consommation d'énergie de moteurs pas à pas par une technique d'auto-contrôle" pages 73-80 * Page 77, premier paragraphe - page 79, dernier paragraphe *	1-4	

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
			G 04 C 3/14 H 02 P 8/00
			CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
			&: membre de la même famille, document correspondant
X	Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications		
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 27-11-1980	Examineur EXELMANS