(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication: **0 135 104**
A1

(12) # DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **84109303.2**

(22) Date de dépôt: **06.08.84**

(51) Int. Cl.⁴: **G 04 C 3/14**

(30) Priorité: **12.08.83 CH 4412/83**

(43) Date de publication de la demande:
27.03.85 Bulletin 85/13

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(71) Demandeur: **ETA S.A., Fabriques d'Ebauches**
Schild-Rust-Strasse 17
CH-2540 Granges(CH)

(72) Inventeur: **Antognini, Luciano**
68, Avenue Léopold-Robert
CH-2300 La Chaux-de-Fonds(CH)

(72) Inventeur: **Güérin, Yves**
22, rue Charles Rischer
F-68300 St-Louis(FR)

(74) Mandataire: **Barbeaux, Bernard et al,**
c/o ASUAG - Société Générale de l'Horlogerie Suisse S.A.
6, Faubourg du Lac
CH-2501 Bienne(CH)

(54) **Procédé et dispositif de commande d'un moteur pas-à-pas.**

(57) Le procédé de commande selon l'invention consiste à envoyer à un moteur pas-à-pas (10) des impulsions motrices produites par un circuit de commande (109), à déterminer par un circuit de mesure (11) une grandeur physique (U_m) représentative due mouvement du rotor, à interrompre l'impulsion motrice à un instant donné, défini par un circuit de calcul (13) en fonction du temps mis par la grandeur physique à atteindre, dans un circuit comparateur (12), un niveau de référence (U_r), à contrôler à l'aide d'un circuit de pas ratés (200) si le rotor a effectué son pas ou non, à rattraper, s'il y a lieu, le pas raté, à sommer le nombre de pas ratés dans un circuit de comptage (201) et enfin à modifier dans un circuit de référence (202) le niveau de référence en fonction du nombre de pas ratés par périodes de temps prédéterminées.

Le dispositif mettant en oeuvre ce procédé permet de faire fonctionner le moteur dans de conditions optimales de sécurité et de consommation et peut avantageusement être utilisé dans les pièces d'horlogerie.

EP 0 135 104 A1

./...

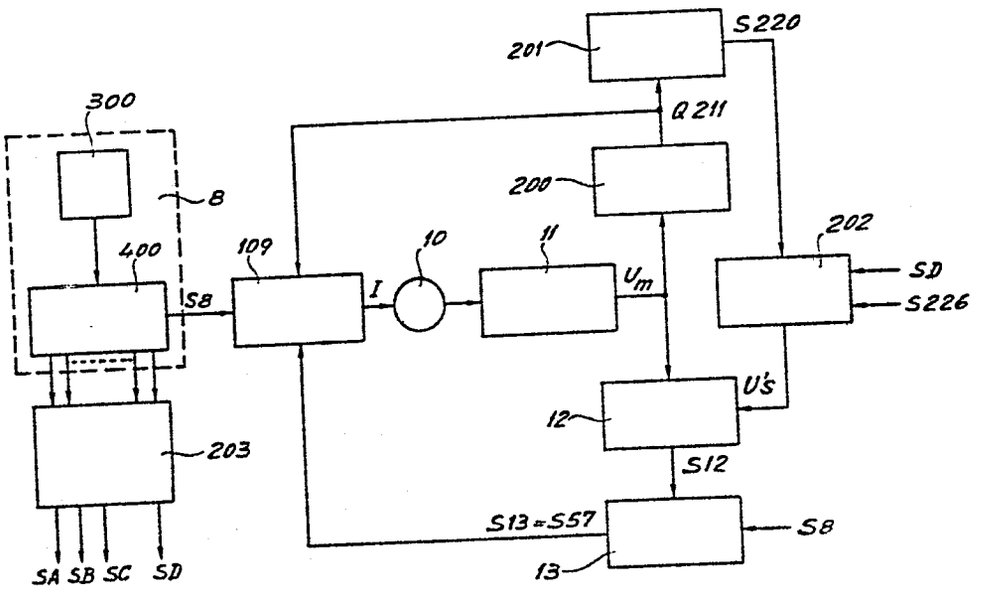
300
8
400
S8
109
I
10
11
U_m
201
S220
Q 211
200
202
SD
S226
U's
12
S12
S13=S57
S8
13
203
SA SB SC SD

Fig. 1

Cas 329 EP
IS/g

PROCEDE ET DISPOSITIF DE COMMANDE D'UN MOTEUR PAS-A-PAS

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de commande d'un moteur pas-à-pas et a principalement pour but de réduire au maximum la consommation de ce moteur tout en garantissant une parfaite sécurité de fonctionnement même dans les plus mauvaises conditions.

L'invention trouve une application particulièrement intéressante dans le domaine de l'horlogerie. En effet, dans les pièces d'horlogerie électronique à affichage analogique qui comportent un moteur pas-à-pas pour entraîner les organes d'affichage, la plus grande partie de l'énergie fournie par la source d'alimentation électrique, qui est en général une pile, est consommée par le moteur. Il est donc important de limiter, autant que possible la consommation de ce moteur pour augmenter la durée de vie de la pile ou, pour une durée de vie donnée, pouvoir diminuer son volume, la place disponible dans une pièce d'horlogerie étant très limitée.

Dans la plupart des pièces d'horlogerie actuellement sur le marché la durée des impulsions motrices envoyées à intervalles réguliers au moteur est fixe. Cette durée, généralement de 7.8 ms, est prévue de manière à garantir le bon fonctionnement du moteur même dans les plus mauvaises conditions, c'est-à-dire avec une tension de pile faible, pendant l'entraînement du mécanisme de calendrier, en présence de chocs ou de champ magnétique externe etc.. Comme ces conditions défavorables ne se présentent que rarement, le moteur est la plupart du temps suralimenté.

Une solution connue pour réduire la consommation en énergie du moteur consiste à lui appliquer des impulsions motrices normales de durée réduite, par exemple de 3.9 ms, mais suffisantes pour assurer un fonctionnement correct dans les meilleures conditions et à prévoir un dispositif qui, après chacune de ces impulsions, détecte

si le moteur a ou non tourné. En cas d'absence de rotation ce dispositif de détection commande l'envoi au moteur d'une impulsion de rattrapage de longue durée, qui permet à celui-ci d'effectuer le pas raté. Bien qu'il constitue assurément une amélioration par rapport au cas où le moteur n'est alimenté que par des impulsions de longue durée, un tel système n'est pas satisfaisant car, dans le cas où le moteur ne tourne pas en réponse à une impulsion normale, l'énergie de celle-ci est totalement perdue et très souvent la durée de l'impulsion de rattrapage est largement supérieure à celle nécessaire pour que le moteur effectue son pas.

D'autres systèmes utilisent des moyens pour détecter des modifications de la charge du moteur et pour commuter la durée ou l'amplitude des impulsions motrices sur une valeur supérieure lorsqu'une augmentation de la charge est détectée. De tels systèmes, comme le précédent, ne sont en fait que des dispositifs de sécurité qui permettent simplement de délivrer au moteur un surcroît d'énergie souvent surabondant lorsque cela est nécessaire.

En fait il n'est possible de réduire notablement la consommation en énergie du moteur qu'en lui associant des dispositifs de commande plus évolués qui permettent d'adapter l'énergie des impulsions motrices à la charge momentanée qu'il doit entraîner et à la tension d'alimentation.

Il a été proposé notamment de prévoir un circuit formateur d'impulsions capable de produire des impulsions de plusieurs durées différentes associé à un dispositif qui, comme précédemment, détecte la rotation ou l'absence de rotation du moteur et de réduire progressivement la durée des impulsions envoyées au moteur jusqu'à ce qu'un pas non effectué soit détecté. Une impulsion de rattrapage de durée maximale est alors appliquée au moteur et l'énergie des impulsions motrices normales est fixée à la valeur supérieure la plus proche. Si le pas suivant n'est pas effectué on procède à une nouvelle incrémentation. Dans le cas contraire la valeur est maintenue pendant un certain temps. Si le moteur a tourné normalement pendant cette période, la durée des impulsions est à nouveau réduite. Une telle solution ne permet pas une adaptation permanente et rapide des impulsions motrices à la charge du moteur; cette adaptation n'est en effet réalisée qu'en moyenne. Par ailleurs, comme dans

le cas du premier système mentionné ci-dessus, l'envoi d'impulsions de rattrapage en cas de non-rotation fait que la consommation en énergie est plus élevée qu'il n'est nécessaire.

Il existe des systèmes qui permettent effectivement d'asservir en permanence l'énergie des impulsions motrices à la charge du moteur et à la tension de la pile. Ces dispositifs comportent des moyens pour mesurer, pendant l'application de l'impulsion motrice, un paramètre de fonctionnement représentatif de la position ou de la vitesse du rotor et à interrompre cette impulsion à un instant déterminé en fonction du temps mis par la grandeur physique mesurée à atteindre un niveau de réréfence prédéterminé, correspondant à l'instant où le rotor a effectué son pas ou, tout au moins, a tourné d'une quantité ou acquis une vitesse suffisante pour achever ce pas. Un tel système est assurément le plus efficace. Toutefois, dans la pratique, il est nécessaire, pour fixer le niveau de référence, de tenir compte des dispersions et des variations des caractéristiques qui peuvent exister pour le moteur et pour certains composants du circuit d'asservissement qui lui est associé. La valeur choisie n'est donc pas celle qui correspond à une consommation minimale.

La présente invention a principalement pour but de supprimer cet inconvénient.

Ce but est atteint grâce au fait que le procédé selon l'invention de commande d'un moteur pas à pas comprenant un rotor et une bobine recevant d'un dispositif de commande associé au moteur des impulsions motrices normales pour faire tourner le rotor lorsque ce dispositif est mis sous tension, ne consiste pas seulement à mesurer, lors de chaque impulsion motrice normale, une grandeur physique représentative du mouvement du rotor et à interrompre ladite impulsion motrice à un instant déterminé en fonction du temps mis par la grandeur physique mesurée à atteindre un niveau de référence, mais également à détecter la condition de rotation ou de non-rotation du rotor en réponse aux impulsions motrices normales et à modifier le niveau de référence en fonction de l'information fournie par cette détection.

Grâce à cela il est possible d'adapter le niveau de référence aux caractéristiques propres de chaque moteur et à celles du dispositif de commande qui lui est associé, de façon à avoir un rendement

optimal de l'ensemble, ceci tout en conservant une très grande sécurité de fonctionnement pour le moteur.

Selon une forme particulière du procédé selon l'invention le niveau de référence est réglable par pas entre une valeur minimale et une valeur maximale et il est augmenté d'un pas lorsque N pas non effectués par le rotor en réponse à des impulsions motrices normales ont été détectés dans un intervalle de temps déterminé, N étant un nombre qui peut être égal ou supérieur à 1.

Avantageusement les pas non effectués par le rotor en réponse à des impulsions motrices normales sont rattrapés en appliquant à la bobine du moteur des impulsions motrices de correction de durée suffisante pour assurer la rotation du rotor.

Le dispositif de commande qui permet de mettre en oeuvre le procédé selon l'invention comprend des moyens générateurs de signaux produisant un signal de sortie chaque fois que le rotor doit faire un pas, des moyens de commande pour appliquer des impulsions motrices normales à la bobine du moteur en réponse aux signaux de sortie fournis par les moyens générateurs de signaux, des moyens couplés au moteur pour mesurer durant chaque impulsion motrice normale la grandeur physique caractéristique du mouvement du rotor et fournir un signal de mesure représentatif de cette grandeur, des moyens pour produire un signal de référence correspondant au niveau de référence, des moyens pour fournir un signal de comparaison entre le signal de mesure et ledit signal de référence, des moyens qui reçoivent le signal de comparaison et qui agissent sur les moyens de commande pour interrompre l'impulsion motrice normale à un instant déterminé en fonction du temps mis par la grandeur physique à atteindre le niveau de référence, ainsi que des moyens de détection pour détecter la condition de rotation ou de non rotation du rotor, les moyens qui produisent le signal de référence étant conçus pour pouvoir modifier la valeur de ce signal en fonction de l'information fournie par les moyens de détection.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description qui va suivre, faite en regard des dessins annexés et donnant, à titre explicatif mais nullement limitatif, un exemple de mise en oeuvre. Sur ces dessins:

- la figure 1 est un schéma bloc d'un exemple de dispositif de

commande selon l'invention dans lequel le paramètre choisi pour l'asservissement de la durée des impulsions motrices à la charge du moteur est la tension induite dans la bobine de ce moteur par le mouvement du rotor;

- la figure 2 représente la tension délivrée par un circuit de mesure de la tension induite faisant partie du circuit de la figure 1 lorsque le moteur tourne normalement, lorsque le rotor est bloqué et que l'impulsion motrice est en phase et enfin lorsque l'impulsion motrice est en contrephase;
- la figure 3 est un schéma d'un circuit de détection des pas ratés pouvant être utilisé dans le dispositif de commande selon l'invention;
- la figure 4 montre la forme des principaux signaux apparaissant dans le circuit de la figure 3;
- la figure 5 est un schéma d'une forme possible de réalisation du circuit de commande du moteur pas-à-pas représenté sur le schéma-bloc de la figure 1;
- la figure 6 montre la forme des principaux signaux apparaissant dans le circuit de la figure 5;
- les figures 7 et 8 sont des schémas respectivement d'un compteur de pas ratés et d'un circuit fournissant une tension de seuil variable U'_s qui peuvent être utilisés dans le dispositif de l'invention; enfin
- la figure 9 montre la forme des principaux signaux apparaissant dans les schémas des figures 7 et 8, en particulier l'évolution de la tension de seuil U_s en fonction du temps et des pas ratés.

Un système de commande d'un moteur pas-à-pas où la tension induite dans la bobine du moteur par le mouvement du rotor est mesurée et comparée à un niveau de seuil ou de référence pour permettre une adaptation de la durée des impulsions motrices à la charge instantanée du moteur a déjà fait l'objet de la demande de brevet européen déposée le 21 janvier 1982 au nom d'ASULAB SA et publié sous le no 60'806. Naturellement, comme dans les autres systèmes connus du même genre où l'on fait appel à d'autres paramètres que la tension induite pour commander l'interruption des impulsions motrices, le niveau de seuil est fixe. Cela n'empêche pas

que certains éléments du dispositif décrit dans cette demande européenne se retrouvent tels quels ou sous une forme légèrement modifiée dans le mode de réalisation qui a été choisi à titre d'exemple pour mettre en évidence l'invention.

On se référera donc fréquemment par la suite à cette demande européenne antérieure, que ce soit pour faire des comparaisons ou pour ne pas avoir à décrire à nouveau en détail des circuits ou parties de circuits qui l'ont déjà été dans le document en question.

Pour éviter des confusions, les éléments du dispositif connu qui se retrouvent dans celui de l'invention sont désignés par les mêmes repaires dans la présente demande que dans la demande européenne précitée. Par exemple, le circuit de calcul de la tension induite qui porte la référence 11 sur la figure 4 de la demande de brevet européen est désigné par le même numéro sur la figure 1 de la présente demande. Il en est de même pour le circuit de calcul de la durée des impulsions motrices 13. A noter que la même règle s'applique également aux signaux qui sont les mêmes dans les deux cas.

Par contre, les éléments qui remplissent la même fonction dans le dispositif de l'invention que dans le dispositif connu mais qui ont dû être modifiés portent dans la présente demande une référence qui est augmentée de 100 par rapport à la référence correspondante utilisée dans la demande antérieure. Par exemple la porte ET 43 à deux entrées qui attaque les transistors de commande du moteur de la figure 12 de la demande européenne devient, sur la figure 5 de la présente demande, la porte ET 143 à 3 entrées, ces deux portes remplissant fondamentalement le même rôle.

Enfin tout élément qui n'apparaît que dans la présente demande porte une référence égale ou supérieure à 200.

Le dispositif de commande selon l'invention qui va être décrit maintenant et dont le schéma général est représenté sur la figure 1, laquelle est à mettre en parallèle avec la figure 4 de la demande de brevet européen précitée, est prévu pour équiper une montre électronique avec aiguille de secondes.

Ce dispositif comprend un circuit générateur de signaux périodiques 8 constitué par un oscillateur à quartz 300 qui produit un signal dont la fréquence est sensiblement égale à 32'768 Hz et par

un diviseur de fréquence 400 qui, après une division par quinze étages binaires de la fréquence de l'oscillateur et une mise en forme de l'onde, délivre à sa sortie qui constitue également celle du circuit 8 un signal S_8 de 1 Hz, formé de fines impulsions dont la durée est, par exemple, égale à la période du signal de l'oscillateur, soit environ 30 µs.

Un circuit logique combinatoire 203 est relié aux différentes sorties des étages binaires du diviseur de fréquence 400 par une série de connexions pour produire trois signaux logiques SA, SB, SC, qui sont nécessaires au fonctionnement du dispositif et dont la forme sera précisée ultérieurement. Ce circuit 203 qui a également pour fonction de diviser le signal de sortie du dernier étage binaire du diviseur de fréquence et de fournir périodiquement, par exemple toutes les heures, un quatrième signal SD dont l'utilité apparaîtra également par la suite, peut être réalisé de manière simple qui est à la portée de l'homme de métier. Il ne sera donc pas décrit en détail ici.

Un circuit de commande 109, remplissant un rôle similaire au circuit 9 de la demande européenne citée, a une première entrée reliée à la sortie du diviseur de fréquence 400, laquelle fournit le signal S_8. La sortie du circuit 109 délivre des impulsions motrices I à un moteur pas-à-pas 10. Une deuxième entrée du circuit 109 reçoit un signal S_{13} d'arrêt de l'impulsion motrice I, comme cela est décrit dans la référence citée. Enfin, conformément à la présente invention, une troisième entrée du circuit 109, reçoit un signal Q211 de rattrapage des pas ratés. Une résistance 18, visible sur la figure 5, branchée en série avec le moteur 10, permet d'obtenir à ses bornes une tension U19 représentative du courant qui traverse le moteur durant l'impulsion motrice I.

Un circuit de calcul 11, représenté par la figure 11 dans la référence européenne citée, reçoit sur son entrée le signal U19 et élabore une tension de mesure U_m, représentative de la tension induite par le rotor durant sa rotation, laquelle apparaît à la sortie de ce circuit, aux bornes de la résistance 82 de la demande européenne.

Un circuit comparateur 12 a une première entrée reliée à la sortie du circuit 11 alors qu'une seconde entrée reçoit une tension

de référence ou de seuil U'_s. Ce comparateur 12 délivre à sa sortie un signal logique S12 qui se trouve au niveau logique bas si U_m est inférieur à U'_s et au niveau logique haut si U_m est supérieur à U'_s. La tension de seuil U'_s est choisie en fonction de l'amplitude de la tension de mesure U_m obtenue dans des conditions normales de fonctionnement du moteur, comme cela apparaîtra par la suite. Le moment de transition du signal S_{12} du niveau logique bas au niveau logique haut, compté à partir du début de l'impulsion motrice I, définit un temps T_2 qui est représentatif du couple C fourni par le moteur.

La sortie du comparateur 12 est reliée à une première entrée d'un circuit de calcul 13, lequel détermine la durée de l'impulsion motrice I, et la sortie du diviseur de fréquence 400 est reliée à une seconde entrée de ce circuit. A la sortie du circuit 13 apparaît le signal logique S_{13}. Ce signal est élaboré par le circuit 13 à partir des signaux S_8 et S_{12} et il est appliqué sur la deuxième entrée du circuit de commande 109. Le signal S_{13} est normalement au niveau logique bas et passe au niveau logique haut T_3 secondes après la transition du signal S_{12}. Un niveau logique haut du signal S_{13} a pour effet d'arrêter l'impulsion motrice I produite par le circuit de commande 109. La durée T_1 de l'impulsion motrice tient donc compte du couple C que doit fournir le moteur et elle vaut $T_1 = T_2 + T_3$.

La sortie du circuit 11, sur laquelle apparaît la tension de mesure U_m, est reliée à l'entrée d'un circuit détecteur de pas ratés 200. La sortie du circuit 200 est connectée à la troisième entrée du circuit 109 et à l'entrée d'un circuit de comptage de pas ratés 201. Sur la sortie du circuit 200 apparaît un signal logique Q211 qui est normalement à l'état logique bas et passe à l'état logique haut pendant une seconde, par exemple, après la détection d'un pas raté. La sortie du circuit de comptage 201 est reliée à une première entrée d'un circuit de référence de tension 202. La sortie de ce dernier circuit, fournissant la tension de seuil U'_s, est reliée à la seconde entrée du circuit 12. Le signal S220 apparaissant à la sortie du circuit 201 est formé d'impulsions. Une impulsion est générée dès que le circuit 201 a compté N pas raté en Tn secondes. Typiquement N = 5 et Tn = 8s.

A chaque impulsion du signal S220, le circuit 202 incrémente la tension de seuil U'_s d'un pas fixe. La tension U'_s peut ainsi varier entre un niveau minimum U'_{so}, qui peut être égal à 0, et un niveau maximum U'_{sp} en P pas. P vaut par exemple 10. Une fois que U'_s a atteint son niveau maximum, il y reste même si le circuit 202 reçoit d'autres impulsions. Le circuit 202 a une deuxième entrée sur laquelle est appliqué un signal S226. Ce signal ramène la tension U'_s à la valeur minimale U'_{so} chaque fois que l'ensemble du circuit de la figure 1 est mis sous tension, par exemple au moment du changement de la pile. Enfin la tension U'_s est encore ramenée périodiquement à U'_{so}, par exemple toutes les heures, par le signal SD produit par le circuit logique combinatoire 203 et appliqué sur une troisième entrée du circuit 202.

Pour expliquer le fonctionnement du dispositif de la figure 1, il est avantageux de le décomposer en deux boucles. En excluant les circuits 8 et 203 placés à l'extérieur de ces boucles, la première, ou celle du bas, comprend les éléments référencés 109, 10, 11, 12 et 13. La seconde boucle, ou celle du haut, comprend les éléments 109, 10, 11 et 200 avec, en plus, une branche formée des éléments 201 et 202.

Si l'on fait abstraction du rattrapage des pas ratés et que l'on suppose que la tension de seuil U'_s reste constante, la boucle du bas se ramène au schéma de la figure 4 de la demande européenne citée, le circuit 109 étant alors remplacé par le circuit 9. Dans cette demande se trouve la description détaillée des éléments et circuits 9, 10, 11, 12 et 13 ainsi que l'explication du fonctionnement de l'ensemble du dispositif. Il y a lieu de rappeler que ce dispositif permet d'adapter de façon optimale la durée T_1 de l'impulsion motrice I au couple C que doit fournir le moteur en mesurant le temps T_2 que met la tension de mesure U_m à atteindre la tension de seuil U'_s. Ce fonctionnement optimal, correspondant à une consommation minimale du moteur, n'est cependant réalisé que si les caractéristiques k et K du moteur sont égales à celles introduites dans le circuit de calcul 13 lequel détermine, à partir du temps T_2, un temps T_3 qui, ajouté à T_2, donne la durée T_1 de l'impulsion motrice I.

Or comme cela a été déjà indiqué, en production, les caractéristiques du moteur, du circuit 13 et des autres circuits de la boucle du bas présentent inévitablement une certaine dispersion. Il en résulte que la condition de consommation minimale du moteur est rarement réalisée en pratique, encore moins si le moteur est remplacé par un autre modèle de caractéristiques différentes. Ceci représente naturellement une limitation grave dans l'utilisation de ce dispositif de commande.

La boucle supérieure de rattrapage des pas perdus, en liaision avec la branche formée des circuits 201 et 202 qui contrôle la tension de seuil U'_s, permet de s'affranchir dans une large mesure de la nécessité d'apparier les constantes du circuit 13 aux constantes k, K du moteur et de rendre moins sensible le dispositif aux variations des paramètres des autres circuits.

En effet le circuit de comptage des pas ratés 201 permet de définir un critère de fonctionnement satisfaisant du moteur lorsqu'il est soumis à des perturbations extérieures. On peut estimer par exemple que si le moteur, à la suite de chocs angulaires ou d'un champ magnétique intense, ne perd pas plus de 4 pas par période de 8 secondes, l'énergie des impulsions motrices I est suffisante. Aucune impulsion ne sera produite par le circuit 201 et la tension de seuil U'_s continuera de garder sa valeur. Si par contre le nombre de pas perdus par période de 8 secondes dépasse 4, l'énergie des impulsions motrices sera considérée comme insuffisante. Une ou plusieurs impulsions seront alors générées par le circuit 201 dans lequel les constantes N = 5 et Tn = 8 secondes ont été introduites. Chaque impulsion sur le signal S220 produit l'incrémentation d'un pas de la tension de seuil U'_s du circuit 202. Or, toutes choses égales, à une tension U'_s plus élevée correspond une énergie de l'impulsion motrice I plus grande. Ce processus d'adaptation peut se poursuivre jusqu'à ce que l'énergie des impulsions motrices remplisse le critère de fonctionnement satisfaisant adopté. Tous les pas ratés durant ce processus d'ajustement sont naturellement rattrapés. Pour tenir compte de l'évolution des caractéristiques du moteur au cours du temps, à chaque changement de pile, ou périodiquement, par exemple une fois par heure, la tension U'_s est remise à la valeur minimale U'_{so} à l'aide des signaux S226 ou SD. La valeur U'_s obtenue après le

processus de réajustement correspond alors aux nouvelles conditions de fonctionnement du moteur.

Examinons maintenant comment réagit le circuit 11 à une impulsion motrice I appliquée au moteur 10 dans diverses situations. Dans notre exemple le moteur est du type pas-à-pas et les impulsions motrices I sont polarisées. Cela signifie que pour faire tourner le moteur d'un pas à partir d'une position donnée, l'impulsion motrice I doit avoir la bonne polarité par rapport à la position du rotor ou, comme on dit, être en phase avec ce dernier. Dans le cas contraire, si l'impulsion I a la mauvaise polarité, c'est-à-dire qu'elle est en contrephase avec la position du rotor, le moteur ne tournera pas.

Trois cas sont à considérer et pour chacun la tension de mesure U_m fournie par le circuit 11 de la présente invention, correspondant au circuit de la figure 11 de la référence européenne citée, est représentée par une courbe sur la figure 2. Le premier correspond au cas normal, celui où le moteur 10 reçoit une impulsion motrice I en phase et effectue un pas. La tension de mesure U_m représentée par la courbe 205 sur la figure 2 est alors une image fidèle de la tension induite par la rotation du moteur. Cette courbe est caractérisée par une forte pointe positive. Le deuxième cas est celui où le moteur 10 reçoit une impulsion I en phase mais ne tourne pas, son rotor étant bloqué. La tension induite de rotation est alors nulle tandis que la tension de mesure U_m produite par le circuit 11 dans cette situation, représentée par la courbe 206, montre une oscillation de faible amplitude. Enfin, dans le troisième cas, le moteur reçoit une impulsion I en contrephase. Il ne peut alors tourner et la tension induite est donc également nulle. La tension de mesure U_m prend par contre une forte valeur négative, comme le montre la courbe 207 correspondant à ce cas dans la figure 2. Cela provient du fait que le flux magnétique créé par l'aimant du rotor et celui produit par l'impulsion I s'ajoutent et saturent certaines parties du stator. Cette saturation a pour effet de modifier la constante de temps L/R du moteur, L étant son inductance et R la résistance de la bobine. Or cette constante de temps est utilisée dans le circuit 11 pour déterminer U_m. Ainsi dans le cas où l'impulsion motrice I est en contrephase, le circuit 11 fournit une tension de mesure U_m erronée

mais facile à détecter. Il suffit, en effet, de la comparer à une tension de référence négative U_R. Si la tension résultante est positive, le moteur a tourné, si elle est négative le moteur a raté un pas.

De ce qui précède, on voit que si le moteur rate un pas par blocage du rotor, l'impulsion motrice I suivante, venant en contrephase, permettra de détecter aisément le pas perdu. Comme l'impulsion motrice I en contrephase est inapte à faire tourner le moteur, il y aura en tout deux pas perdus.

La figure 3 montre la constitution du circuit de détection de pas raté 200. Ce circuit comprend un amplificateur différentiel 210 dont la sortie est reliée à la borne S de mise à l'état d'une bascule bistable 211. L'entrée non-inverseuse de l'amplificateur 210 est reliée à une référence de tension non représentée, fournissant la tension négative U_R. L'entrée inverseuse du même amplificateur constitue l'entrée du circuit 200. Cette entrée est reliée à la sortie du circuit 11 pour recevoir la tension de mesure U_m. La bascule 211 a une entrée de remise à zéro R qui est reliée à la sortie du diviseur de fréquence 400 pour recevoir le signal S_8. Enfin la borne de sortie Q de la bascule 211 constitue également la sortie du circuit 200.

Le fonctionnement du circuit de la figure 3 va maintenant être décrit en s'aidant des signaux représentés sur la figure 4 qui apparaissent aux différents points de ce circuit. Le signal S_8 provient de la sortie du diviseur de fréquences 400 et il comprend de fines impulsions de secondes. La durée de ces impulsions est égale à la période du signal de 32'768 Hz provenant de l'oscillateur à quartz 300. La tension U_m est formée, en synchronisme avec le signal S_8, d'impulsions positives lorsque l'impulsion motrice I est en phase avec la position du rotor du moteur, que celui-ci tourne ou non, et d'impulsions négatives lorsque l'impulsion I est en contrephase. La comparaison de la tension U_m avec la tension de référence négative U_R dans l'amplificateur différentiel 210 produit à sa sortie un signal S210. Si le gain de l'amplificateur 210 est suffisamment élevé, le signal S210 sera au niveau logique bas lorsque U_m est supérieur à U_R et au niveau logique haut durant le temps où U_m est inférieur à U_R. Le signal S210 contient donc une

impulsion positive de quelques millisecondes, légèrement en retard sur les impulsions du signal S_8, au moment de la détection d'un pas raté du moteur.

La bascule 211 reçoit sur ses entrées R et S respectivement les signaux S_8 et S210. Le signal S_8 remet la bascule à zéro toutes les secondes, ce qui entraîne sur sa sortie Q un niveau logique bas. A chaque impulsion positive du signal S210 la bascule est mise à l'état, entraînant un niveau logique haut sur la sortie Q jusqu'à la prochaine impulsion du signal S_8. Le signal logique Q211 qui apparaît sur la sortie Q de la bascule 211 est ainisi normalement au niveau logique bas. Il passe au niveau logique haut après la détection d'un pas raté et repasse au niveau bas une seconde plus tard.

Les instants correspondant au différentes situations du moteur qui viennent d'être décrites, sont notées sur l'échelle des temps t de la figure 4. A l'instant TA le moteur reçoit une impulsion motrice I en phase et il tourne normalement. Le rotor du moteur est supposé être bloqué à l'instant TB où l'impulsion motrice en phase produit une tension U_m d'amplitude plus faible que précédemment. L'impulsion motrice I suivante vient alors en contrephase à l'instant TC, le moteur ne peut tourner, que le rotor soit libre ou bloqué, et la tension U_m produite est négative. Cela entraîne le passage à l'état logique haut du signal Q211. Environ une demi seconde plus tard, à l'instant TD, alors que le signal Q211 est toujours au niveau logique haut, la moteur reçoit, par des moyens qui seront décrits plus tard, deux impulsions motrices de rattrapage produisant les deux impulsions positives voisines de la tension de mesure U_m. La montre a alors rattrapé les deux pas perdus. Enfin, encore une demi seconde plus tard, à l'instant TE, le moteur reçoit une impulsion motrice I en phase et tourne normalement.

La figure 5 de la présente invention est à mettre en parallèle avec la figure 12 de la demande européenne antérieure. Dans ces deux figures on distingue les blocs 11, 12 et 13 déjà mentionnés. Le bloc 9 de la figure 12 est par contre remplacé par le bloc 109 dans la figure 5. Le bloc 109 montre la composition du circuit de commande du moteur 10 selon la présente invention. Ce bloc a la même structure générale que le bloc 9, malgré quelques modifications et la présence d'éléments supplémentaires.

Ces modifications ont deux buts. En premier lieu elles permettent de couper, après un temps déterminé, l'impulsion motrice I en cas d'absence du signal d'arrêt S_{13} = S57 de cette impulsion. Ceci peut se produire si la tension de mesure U_m est insuffissante pour déclencher le signal S13 à la suite, par exemple, du blocage du moteur 10. En second lieu, ces modifications rendent possible l'introduction de deux impulsions motrices de rattrapage entre deux impulsions motrices normales, lorsqu'un pas raté a été détecté. Dans ces deux éventualités, la durée des impulsions motrices I est fixe et correspond à la durée optimale, c'est-à-dire celle qui permet au moteur de transmettre le couple maximum. S'agissant d'un moteur pas-à-pas pour montre, la durée optimale est typiquement de 7.8 ms, égale à la période d'un signal de 128 Hz. C'est à cette valeur qu'il sera fait référence par la suite.

Le circuit représenté par le bloc 109 de la figure 5 de la présente invention comprend les éléments 10, 14, 15, 16, 17, 42, 45 et 58 déjà décrits dans le document européen cité, les portes ET 143 et ET 144 qui ont une entrée de plus que les portes ET 43 et ET 44 du document cité et enfin une porte ET 215 et trois portes OU 216, OU 217 et OU 218 supplémentaires.

La sortie du diviseur de fréquence 400 est reliée à la première entrée de la porte OU 216 de la figure 5. Cette entrée reçoit ainsi le signal de seconde S_8. La sortie du circuit de détection des pas ratés 200 est reliée à la première entrée de la porte à deux entrées ET 215, qui reçoit ainsi le signal Q211. La sortie de la porte ET 215 est reliée à la seconde entrée de la porte OU 216. La sortie de cette dernière porte est connectée à l'entrée d'horloge C_K de la bascule 42, à l'entrée de la porte ET 58 fonctionnant en inverseur et enfin à l'entrée d'horloge C_K de la bascule 46, cette dernière faisant partie du bloc 13. La première entrée de la porte OU 217 est reliée à la borne du circuit logique combinatoire 203 qui produit le signal logique SA. Les secondes entrées des portes à deux entrées ET 215 et OU 218 sont reliées ensemble et le point commun est connecté à la sortie du circuit logique 203 qui génère le signal logique SB. La seconde entrée de la porte OU 217 est reliée à la sortie de la porte ET 215 et la première entrée de la porte OU 218 est reliée à la sortie Q de la bascule 45. La sortie de la porte OU 218 est

connectée aux deuxièmes entrées des portes à trois entrées ET 143 et ET 144. Les troisièmes entrées de ces mêmes portes ET 143 et ET 144 sont reliées à la sortie de la porte OU 217. La première entrée de la porte ET 143 est reliée à la sortie Q de la bascule 42 et la première entrée de la porte ET 144 à la sortie Q* de la même bascule. Enfin les sorties des portes ET 143 et ET 144 sont reliées aux transistors de commande 14, 15, 16, 17 du moteur 10 et les bornes Q* et R de la bascule 45 respectivement aux éléments 51 et 57 du bloc 13, comme cela est décrit dans le document européen cité.

Avant de décrire le fonctionnement du circuit de la figure 5, examinons les signaux représentés sur la figure 6 que reçoit ce circuit. Le signal S_8, déjà décrit dans la référence citée, est composé d'impulsions positives de secondes d'une durée d'environ 30 µs. Le signal SA est également composé d'impulsions de secondes, synchrones avec les impulsions du signal S_8, mais leur durée est de 7.8 ms. Le signal SB est formé d'une série de paires d'impulsions. Chaque impulsion du signal SB a une durée de 7.8 ms et chaque paire d'impulsions est située entre deux impulsions successives du signal S_8. Dans l'exemple de la figure 6, les impulsions du signal SB formant une paire sont séparées par un intervalle de 7.8 ms et chaque paire d'impulsions est située au milieu de l'intervalle formé par deux impulsions successives du signal S_8. Le signald Q45 a été décrit dans la référence européenne citée lorsque le moteur tourne normalement. Ce signal est alors formé d'impulsions positives dont la durée détermine celle des impulsions motrices I et varie en fonction du couple moteur fourni. Lorsque le moteur est bloqué et perd un pas, l'amplitude du signal de mesure U_m est insuffisante pour atteindre la tension de seuil U'_s et produire le signal S13 de remise à zéro de la bascule 45. Le signal Q45 reste alors au niveau logique haut jusqu'à la prochaine impulsion motrice de rattrapage dont la durée fixe de 7.8 ms est supposée être suffisante pour faire tourner le moteur dans les cas les plus défavorables. Le signal Q211 a déjà été décrit à propos des figures 3 et 4. Ce signal passe au niveau logique haut après détection d'un pas raté et reste dans cet état jusqu'à la prochaine impulsion du signal S_8. Les signaux S143 et S144 représentent les impulsions d'attaque des transistors de commande 14, 15, 16, 17 du moteur 10 dans le cas d'un fonctionnement

normal et dans celui du rattrapage des pas perdus. A l'exception des paires d'impulsion de rattrapage, le début de toutes les autres impulsions sont synchrones avec le début des impulsions du signal S_8. Enfin l'échelle des temps t indique, comme dans la figure 4, en TA une rotation normale du moteur, en TB un pas raté, en TC la détection d'un pas raté, en TD 1 et TD 2 les deux pas de rattrapage et en TE de nouveau un pas de rotation normal.

Le fonctionnement du circuit 5 et en particulier du bloc 109 va maintenant être décrit en s'aidant des signaux représentés sur la figure 6. Lorsque le moteur fonctionne normalement, le signal Q211 est au niveau logique bas puisqu'il n'y a eu aucun pas raté. La sortie de la porte ET 215 reste alors également au niveau logique bas, quel que soit le niveau du signal SB. La porte OU 216 transmet alors, sans le modifier, le signal S_8 qui se trouve ainsi être appliqué sur les bornes C_K des bascules 42 et 46 et à l'entrée de la porte 58.

La sortie de la porte OU 217 fournit un signal formé par le signal SA en fonctionnement normal et par la superposition des signaux SA et SB juste après la détection d'un pas raté. De même la sortie de la porte OU 218 fournit un signal formé par la superposition des signaux SB et Q45. Les impulsions motrices I normales venant en synchronisme avec le signal S_8, apparaissent alors que le signal SB est au niveau logique bas. Le signal SB n'a donc, dans ce cas, aucun effet sur la porte OU 218 qui ne transmet alors que le signal Q45 définissant la durée de l'impulsion motrice I. Ainsi au moment d'une impulsion motrice I normale, le signal à la sortie de la porte OU 217 se trouve au niveau logique haut pendant 7.8 ms et le signal à la sortie de la porte OU 218 au niveau logique également haut, mais pendant la durée de l'impulsion du signal Q45. Lorsque la charge du moteur est normale, la durée de l'impulsion du signal Q45 est d'environ 4 ms, bien inférieure à la durée de 7.8 ms de l'impulsion du signal SA. Ces signaux étant appliqués aux portes ET 143 et ET 144, on retrouve l'impulsion du signal Q45 à la sortie de la première porte si la sortie Q de la bascule 42 est au niveau logique haut, et à la sortie de la seconde porte si c'est la sortie Q* de la même bascule qui se trouve dans cet état. Il en résulte que le signal S143, qui se trouve à la sortie de la porte ET 143, a une

période de deux secondes et qu'il est formé d'impulsions qui viennent s'intercaler au milieu de la distance séparant deux impulsions successives du signal similaire S144 fournie par la porte ET 144. Les signaux S143 et S144 viennent attaquer les transistors de commande 14 à 17, lesquels génèrent l'impulsion motrice I.

Ainsi, lorsque le moteur travaille dans des conditions normales, le bloc 109 de la figure 5 de la présente invention fonctionne de façon identique au bloc 9 de la figure 12 de la référence européenne citée. Cette situation correspond à l'instant TA de l'échelle des temps t de la figure 6.

Examinons à présent le cas où le moteur ne tourne pas, en réponse à une impulsion motrice I en phase, et perd donc un pas. Ceci correpond à l'instant TB de l'échelle des temps t de la figure 6. Dans ces circonstances, la tension de mesure U_m reste inférieure à la tension de seuil U'_s, comme cela a déjà été expliqué. Le signal S12 produit par le bloc 12 reste alors au niveau logique bas. Le bloc 13, ne recevant pas d'impulsion de commande du bloc 12, ne peut générer à son tour le signal S13 qui arrêterait l'impulsion motrice I en faisant passer le signal Q45 de l'état logique haut à l'état logique bas. Ainsi, le moteur étant bloqué, l'impulsion motrice I une fois déclenchée se maintiendrait indéfiniment dans le cas du bloc 9 de la référence européenne citée. Par contre, avec le bloc 109 de la présente invention, même si le signal Q45 reste en permanence au niveau logique haut, l'impulsion motrice I ne pourra pas durer plus longtemps que les 7.8 ms de l'impulsion du signal SA. En effet le signal SA, traversant la porte OU 217, commande les portes ET 143 et ET 144 en ne permettant le passage des signaux appliqués aux entrées de ces portes que durant le temps où le signal SA est à l'état logique haut.

Le moteur ayant raté un pas, l'impulsion motrice I suivante vient en contrephase et elle est inapte, par principe, à faire tourner le moteur. Ceci correspond à l'instant EC de l'échelle des temps t de la figure 6. Le circuit 200 permet à cet instant de détecter la non-rotation du moteur lors de l'impulsion motrice précédente en faisant passer le signal de sortie Q211 de l'état logique bas à l'état logique haut. Le signal Q211 reste dans cet état jusqu'à la prochaine impulsion du signal S_8 à l'instant TE de

l'échelle des temps t de la figure 6, définissant ainsi une fenêtre d'une durée de 1 seconde.

Juste après l'instant TC représenté sur la figure 6, le moteur a ainsi perdu deux pas qui doivent être rattrapés avant l'instant TE, par exemple au milieu de l'intervalle de temps séparant TC de TL, aux instants TD1 et TD2 définis par la paire d'impulsions correspondante du signal SB. Le signal Q211 est alors au niveau logique haut, ce qui permet aux deux impulsions du signal SB de passer à travers les portes ET 215 et OU 216 pour atteindre la borne C_K de la bascule 42 de la figure 5. Le signal SB passe alors également à travers la porte OU 217, pour atteindre les troisièmes entrées des portes ET 143 et ET 144. La première impulsion du signal SB met la bascule 42 dans un état permettant de produire une impulsion motrice en phase à l'instant TD1, puisque l'impulsion motrice à l'instant TC était en contrephase et que le moteur n'avait pas tourné. Dans le cas représenté sur la figure 6, c'est la sortie Q* de la bascule 42 qui doit passer au niveau logique haut. Comme le signal SA est au niveau logique bas au voisinage des instants TD1 et TD2, à la sortie de la porte OU 218 on retrouve uniquement les deux impulsions du signal SB. D'autre part à l'instant TD1 le niveau logique du signal de sortie de la porte OU 218 se trouve à l'état logique haut car les signaux logiques SB et Q45 sont également dans cet état. Il en résulte qu'à l'instant TD1 le signal S143 est au niveau logique bas et le signal S144 au niveau logique haut. Une impulsion motrice I en phase est alors produite par les transistors de commande 14 à 17. La rotation du moteur fait passer le signal Q45 au niveau logique bas environ 4 ms après le début de l'impulsion motrice comme dans le cas normal. Cette transition du signal Q45 n'entraîne cependant pas l'arrêt de l'impulsion motrice I dans le cas du rattrapage d'un pas perdu. En effet à la sortie des portes OU 217 et OU 218 on retrouve alors les deux impulsions du signal SB qui déterminent la durée des impulsions motrices, égale à 7.8 ms. A l'instant TE, après avoir rattrapé les deux pas perdus, le moteur fonctionne de nouveau normalement.

Considérons maintenant le circuit de comptage de pas ratés 201, représenté sur la figure 7. Il comprend essentiellement un compteur par N référencé 220. La valeur de N est typiquement égale à 5. Ce

compteur a une borne d'entrée, une borne de sortie et une borne de remise à zéro R.

La borne d'entrée reçoit le signal Q211 venant du détecteur de pas ratés 200. La borne de sortie délivre un signal S220 formé d'une impulsion de durée arbitraire, chaque fois que le compteur a compté par N. Enfin la borne R reçoit un signal de remise à zéro SC pris à la sortie du circuit 203 dont la période T_n est, par exemple, de 8 secondes. Ainsi s'il y a 5 pas ratés ou davantage en une période de 8 secondes, le signal de sortie S220 comprendra une impulsion à la fin de cette période. Les impulsions du signal S220, désignées par A, B, ... P sur la figure 9, se répartissent naturellement de façon irrégulière au cours du temps. Tous les pas ratés sont bien entendu ratttrapés.

Examinons enfin le circuit de référence de tension 202, représenté sur la figure 8. Ce circuit comprend un compteur par P, référencé 221, ayant une borne d'entrée, une borne de mise à l'état S et p bornes de sortie notée a, b, c... p. La valeur de P est typiquement égale à 10. La borne d'entrée reçoit le signal S220, issu du circuit de comptage de pas ratés 201, et la borne de mise à l'état S est reliée à la sortie d'une porte OU 225 à deux entrées. La première entrée de cette porte reçoit le signal SD, fourni par le circuit 203, qui donne, par exemple, une impulsion toutes les heures. La seconde entrée est reliée à un circuit 226, non décrit mais connu en soi, qui délivre un signal de sortie S226 contenant une impulsion au moment où la batterie qui fournit la tension d'alimentation U_a est placée dans la montre. Les bornes de sortie a, b, ... p du compteur 221 sont reliées chacune à la borne de commande d'une porte de transmission, les portes de transmission étant notées respectivement 223a, 223b, ... 223p. Chaque porte de transmission relie la première borne d'une première résistance de charge 224, commune à toutes ces portes, à la première borne d'une seconde résistance de charge. A chaque porte de transmission correspond donc une seconde résistance de charge et ces p résistances sont notées respectivement 224a, 224b, ... 224p. Les secondes bornes des résistances 224, 224a, 224b, ... 224p sont toutes reliées à la masse. Une porte de transmission est rendue conductrice lorsque sa borne de commande est portée au niveau logique haut. Sinon elle se trouve à

l'état bloquant. Entre la borne d'alimentation Ua, reliée à la batterie de la montre, et la première borne de la résistance 224 est connectée une source de courant 222. Cette source débite un courant constant IR. Enfin la tension de seuil U'_S constituant la sortie du circuit 202, est prise sur la première borne de la résistance 224.

Le fonctionnement du circuit de la figure 8 va maintenant être décrit en se référant aux signaux montrés sur la figure 9. Cette dernière figure représente les variations des signaux S221a, S221b, ... S221p, apparaissant sur les bornes de sortie a, b, ... p du compteur 221, en fonction des impulsions A, B, ... P contenues dans le signal S220, ainsi que les variations de la tension de seuil U'_S qui en résultent. A l'instant initial le compteur 221 est remis à l'état par une impulsion du signal S220 ou du signal SD, cette impulsion étant transmise à la borne S du compteur par la porte OU 225. Les signaux S221a, S221b, ... S221p sont alors tous au niveau logique haut. Les portes de transmission 223a, 223b, ... 223p, commandées par ces signaux, sont ainsi toutes rendues conductrices. Il en résulte que les résistances de charge 224a, 224b, ...224p viennent toutes en parallèle sur la résistance de charge 224. La mise en parallèle de toutes ces résistances définit une résistance de charge équivalente minimum. La source de courant 222 débitant un courant constant IR dans cette résistance de charge équivalente, produit à ses bornes une tension de seuil minimum U'_{SO}. Si l'énergie de l'impulsion motrice I correspondant à ce seuil est insuffisante pour que le moteur ait un fonctionnement satisfaisant au sens du critère énoncé plus haut, une impulsion A sera générée par le circuit 201 et transmise par le signal S220 au compteur 211, lequel avancera d'une unité. Dans ce nouvel état du compteur, le signal de sortie S221a passe au niveau logique bas, les autres sorties restant au niveau logique haut. La porte de transmission 223a passe alors de l'état conducteur à l'état bloquant et déconnecte la résistance 224a de la résistance 224. La résistance de charge équivalente augmente donc de valeur. Il en est de même de la tension de seuil qui passe de U'_{SO} à la valeur directement supérieure U'_{Sa}. Le même processus pourra se reproduire, si nécessaire, avec les impulsions B, C, ... P incrémentant, chaque fois, la tension de seuil d'un pas jusqu'à la valeur maximale U'_{SP}. Avec l'impulsion P+1 la tension de seuil

retombe à la valeur minimale U'_{so} et le cycle pourra recommencer. En pratique la tension de seuil doit se stabiliser à une valeur inférieur à U'_{sP}, le retour à la valeur minimale U'_{so} n'étant produit que par les impulsions des signaux S226 ou SD.

Naturellement, l'invention n'est pas limitée à la forme particulière de mise en oeuvre qui vient d'être décrite. Par exemple, dans ce mode de réalisation, la tension de seuil U'_s est périodiquement remise à sa valeur minimale U'_{so}, ceci d'une part pour pouvoir la diminuer dans le cas où, à cause de perturbations extérieures, le rotor aurait raté plus que les N pas prévus et où, par conséquent, cette tension aurait été amenée à prendre une valeur trop élevée et, d'autre part, pour permettre au dispositif de commande de s'adapter automatiquement aux variations possibles des caractéristiques et des conditions de fonctionnement du moteur au cours du temps.

Il est clair que l'on ne sortirait pas du cadre de l'invention si l'on se contentait de ramener le niveau de référence à sa valeur minimale lors de chaque mise sous tension du circuit de commande. A la limite on pourrait même prévoir de ne régler la tension de seuil à la valeur U'_{so} que lorsque le moteur est mis en marche pour la première fois. De telles solutions seraient bien sûr moins avantageuses mais elles représenteraient tout de même une amélioration par rapport aux systèmes connus où la référence est fixe.

Plutôt que de remettre périodiquement la tension de seuil à sa valeur minimale il est possible de la décrémenter progressivement, pas par pas, jusqu'à ce qu'apparaissent des arrêts du moteur et, si les arrêts sont trop fréquents, de l'augmenter à nouveau.

Par ailleurs le circuit de comptage de pas ratés 201 est prévu pour éviter que le niveau de seuil soit précipitamment augmenté, dès qu'un pas n'est pas franchi par le rotor, alors que ceci peut être dû par exemple à un choc ou à un champ magnétique externe et non pas au fait que ce niveau est trop bas. Il est donc surtout utile dans les deux cas qui viennent d'être envisagés, c'est-à-dire lorsque la tension de référence est mise à sa valeur minimale seulement au moment où le dispositif est mis en marche pour la première fois ou lorsqu'elle n'est ramenée à cette valeur qu'à chaque changement de pile. En effet, sans ce compteur, en attaquant le circuit 202

directement par le signal Q211, la tension de seuil pourrait alors être amenée très vite à prendre sa valeur maximale et la consommation d'énergie du moteur serait inutilement élevée pendant toute la durée de vie de la montre ou tout au moins d'une pile. Par contre, si le dispositif de commande est conçu pour que le niveau de référence soit fréquemment réajusté le circuit de comptage 201 peut sans grand inconvénient être supprimé, en reliant la sortie du circuit 200 à la première entrée de circuit 202, car l'énergie consommée ne peut alors être excessive que pendant une période limitée. De plus il est toujours possible de diminuer les pertes d'énergie en augmentant la fréquence de réajustement du niveau de référence.

D'autre part il est évident que l'invention reste valable pour tout paramètre représentatif du fonctionnement du moteur autre que la tension induite par le mouvement du rotor. Il pourrait tout aussi bien s'agir de la tension induite globale qui inclut les effets dus à la self propre de la bobine, du courant qui traverse le moteur, de la variation de flux magnétique dans le stator ou de toute variable résultant d'opérations mathématiques sur ces grandeurs.

Le schéma bloc de la figure 1 resterait valable pour ces différentes variantes sauf en ce qui concerne le circuit de comptage des pas ratés qui, comme cela vient d'être indiqué, peut dans certains cas être supprimé et le circuit de calcul de la durée des impulsions motrices qui n'est pas toujours nécessaire, l'interruption de ces impulsions pouvant parfois être commandée directement par la sortie du comparateur. Bien entendu les autres circuits, tout au moins le circuit de mesure 11 et le circuit détecteur de pas ratés 200 devraient être adaptés à la grandeur physique choisie comme paramètre représentatif. Par exemple dans le cas où c'est la variation de flux magnétique à travers la bobine qui est retenue comme paramètre le circuit 11 peut être l'un de ceux qui sont décrits dans la demande de brevet allemand no 3132 304.

Enfin, dans la forme de réalisation du dispositif de commande selon l'invention qui a été décrite la grandeur physique choisie pour régler la durée des impulsions motrices servait aussi pour la détection des pas ratés. Il est clair que ceci n'est pas obligatoire et que des paramètres différents peuvent être utilisés pour les deux

choses. S'il en est ainsi l'entrée du circuit de détection des pas ratés 200 ne doit plus être reliée à la sortie du circuit de mesure 11 mais directement à la bobine du moteur ou éventuellement au circuit de commande du moteur.

REVENDICATIONS

1. Procédé de commande d'un moteur pas-à-pas comprenant un rotor et une bobine recevant d'un dispositif de commande associé au moteur des impulsions motrices normales pour faire tourner ledit rotor lorsque ledit dispositif de commande est mis sous tension, ledit procédé consistant à mesurer, lors de chaque impulsion motrice normale, une grandeur physique représentative du mouvement du rotor et à interrompre ladite impulsion motrice à un instant déterminé en fonction du temps mis par la grandeur physique mesurée à atteindre un niveau de référence, caractérisé par le fait qu'il consiste également à détecter la condition de rotation ou de non-rotation du rotor en réponse auxdites impulsions motrices normales et à modifier ledit niveau de référence en fonction de l'information fournie par ladite détection.

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé par le fait que ledit niveau de référence est réglable par pas entre une valeur minimale et une valeur maximale et est augmenté d'un pas lorsque N pas non effectués par le rotor en réponse à des impulsions motrices normales ont été détectés dans un intervalle de temps déterminé, N étant un nombre égal ou supérieur à 1.

3. Procédé selon la revendication 2 caractérisé par le fait que ledit niveau de référence est réglé à ladite valeur minimale lors de la première mise sous tension du dispositif de commande.

4. Procédé selon la revendication 2 caractérisé par le fait que ledit niveau de référence est ramené à ladite valeur minimale lors de chaque mise sous tension du dispositif de commande.

5. Procédé selon la revendication 3 ou 4 caractérisé par le fait que ledit niveau de référence est également ramené périodiquement à ladite valeur minimale après la mise sous tension du dispositif de commande.

6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5 caractérisé par le fait qu'il consiste également à appliquer à la bobine du moteur des impulsions motrices de correction de durée suffisante pour permettre au rotor de rattraper chaque pas non-effectué en réponse à une impulsion motrice normale.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé par le fait que la grandeur physique mesurée est la tension induite dans la bobine par le mouvement du rotor.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé par le fait que la grandeur physique mesurée est la variation de flux magnétique à travers ladite bobine.

9. Dispositif de commande d'un moteur pas-à-pas pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, comprenant des moyens générateurs de signaux produisant un signal de sortie chaque fois que le rotor doit faire un pas, des moyens de commande pour appliquer des impulsions motrices normales à la bobine du moteur en réponse aux signaux de sortie fournis par les moyens générateurs de signaux, des moyens couplés au moteur pour mesurer durant chaque impulsion motrice normale la grandeur physique caractéristique du mouvement du rotor et fournir un signal de mesure représentatif de cette grandeur, des moyens pour produire un signal de référence correspondant audit niveau de référence, des moyens pour fournir un signal de comparaison entre ledit signal de mesure et ledit signal de référence et des moyens recevant ledit signal de comparaison et agissant sur lesdits moyens de commande pour interrompre ladite impulsion motrice à un instant déterminé en fonction du temps mis par ladite grandeur physique à atteindre ledit niveau de référence, caractérisé par le fait qu'il comporte en outre des moyens de détection (200, 201) pour détecter la condition de rotation ou de non-rotation du rotor en réponse aux impulsions motrices normales et que les moyens (202) produisant ledit signal de référence (U'_S) sont conçus pour pouvoir modifier la valeur de ce signal en fonction de l'information fournie par lesdits moyens de détection.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait que lesdits moyens de détection (200, 201) détectent les pas non effectués par le rotor en réponse à des impulsions motrices normales, que les moyens produisant ledit signal de référence (U'_S) sont conçus pour pouvoir modifier la valeur de ce signal par pas entre une valeur minimale (U'_{SO}) et une valeur maximale (U'_{SP}) et que la valeur dudit signal de référence est augmentée d'un pas lorsque N pas non effectués par le rotor ont été détectés dans un intervalle de temps déterminé, N étant un nombre supérieur ou égal à 1.

11. Dispositif selon la revendication 10 caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens (226) pour régler la valeur du signal de référence (U'_s) à ladite valeur minimale (U'_{so}) lors de sa première mise sous tension.

12. Dispositif selon la revendication 10 caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens (226) pour ramener la valeur du signal de référence (U'_s) à ladite valeur minimale (U'_{so}) chaque fois qu'il est mis sous tension.

13. Dispositif selon la revendicaton 11 ou 12 caractérisé par le fait qu'il comporte en outre des moyens (203) pour ramener périodiquement la valeur du signal de référence (U'_s) à ladite valeur minimale (U'_{so}) après la mise sous tension dudit dispositif.

14. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 13 caractérisé par le fait qu'il comporte en plus des moyens (215, 218) reliés auxdits moyens de détection pour appliquer à la bobine du moteur (10) des impulsions motrices de correction de durée suffisante pour permettre au rotor de rattraper chaque pas non effectué en réponse à une impulsion motrice normale.

15. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 14 caractérisé par le fait que lesdits moyens de détection (200, 201) reçoivent ledit signal de mesure (U_m) pour détecter les pas non effectués par le rotor.

16. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 15 caractérisé par le fait que la grandeur physique mesurée est la tension induite dans la bobine par le mouvement du rotor.

17. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 15 caractérisé par le fait que la grandeur physique mesurée est la variation de flux magnétique à travers ladite bobine.

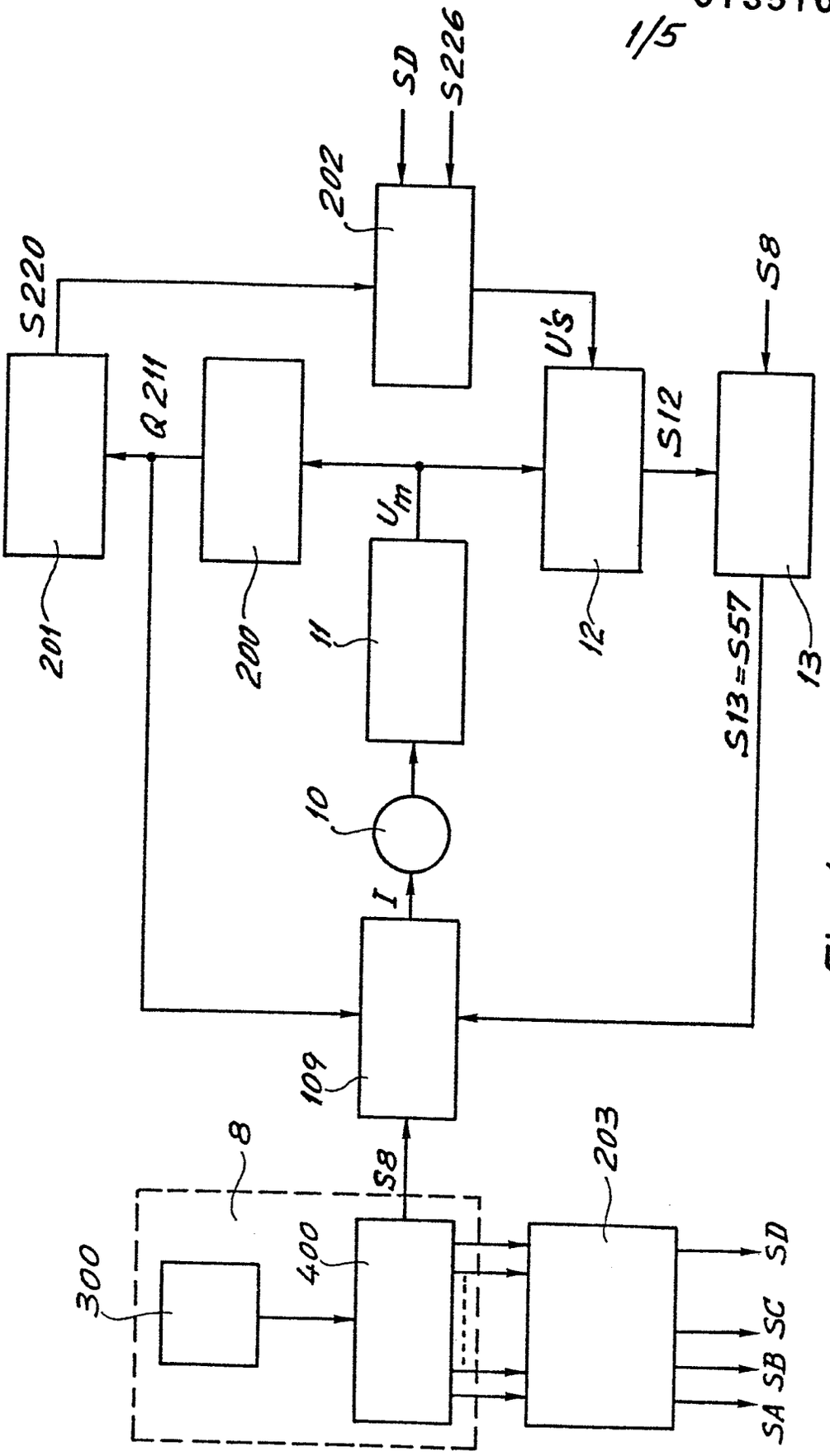
SD
S226
202
S220
S8
Us
Q 211
S12
Um
201
200
11
12
13
S13=S57
10
I
109
8
S8
203
300
400
SD
SC
SB
SA

Fig. 1

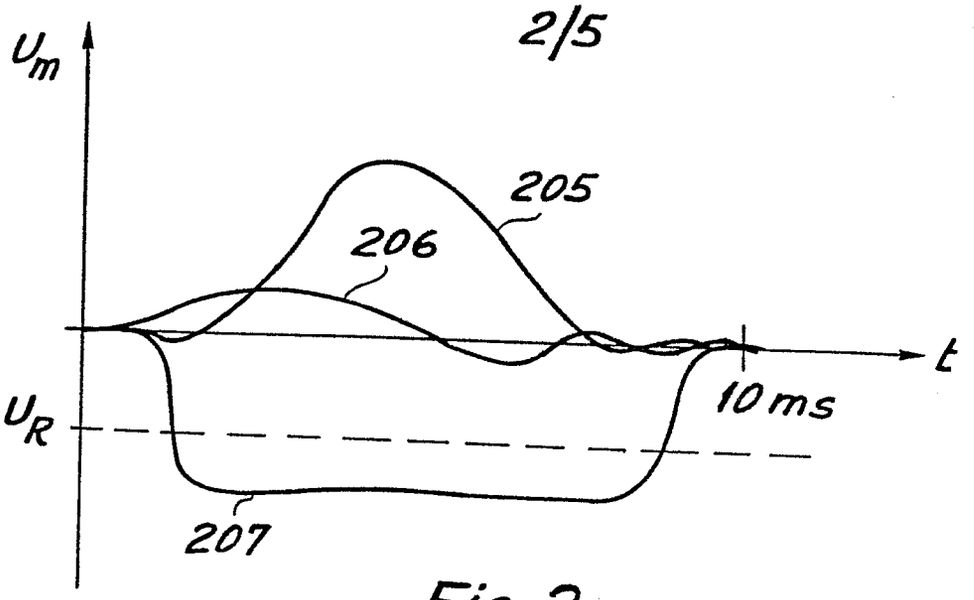

Fig.2

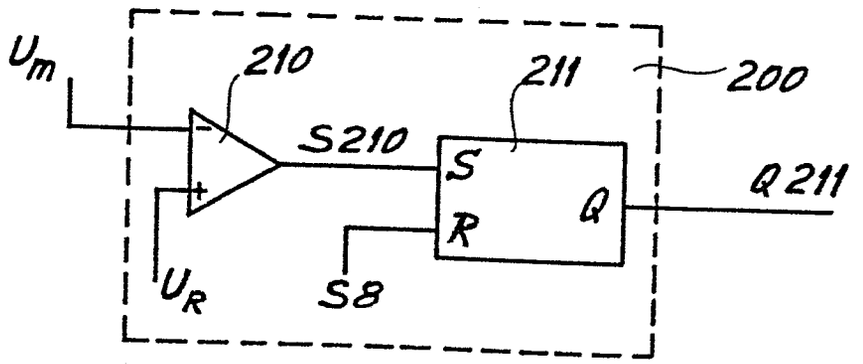

Fig.3

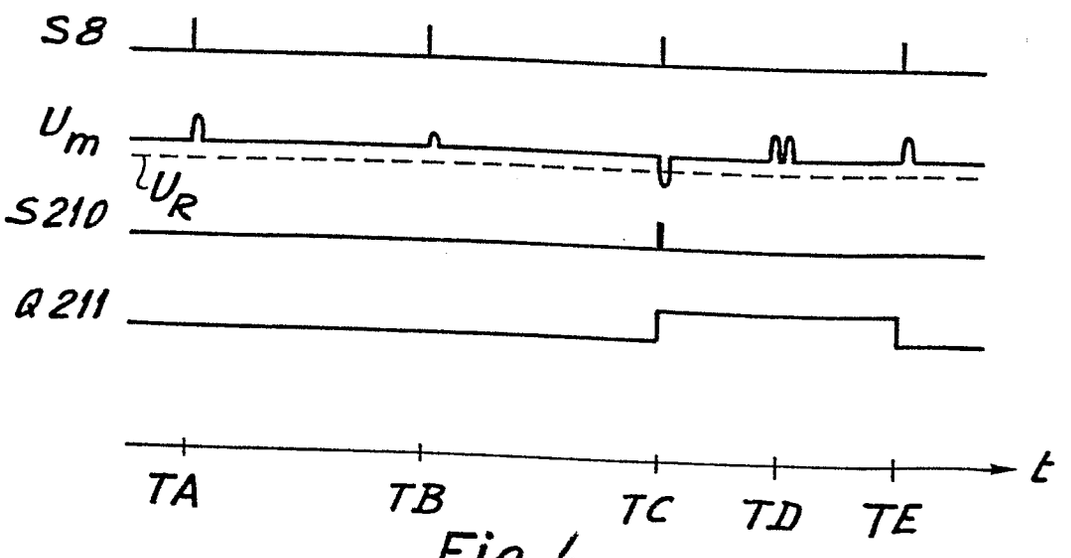

Fig.4

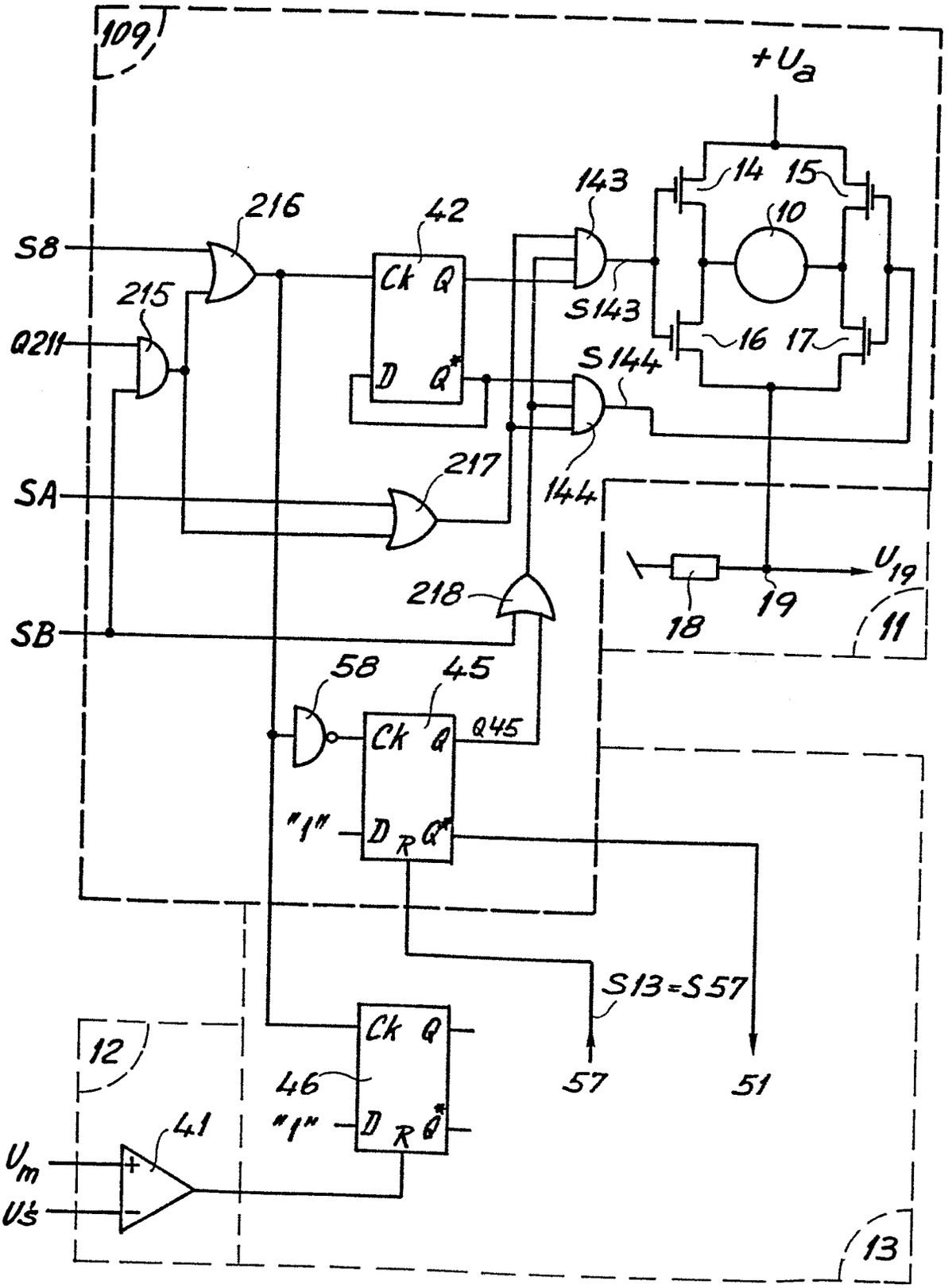
109
+Ua
14
15
10
16
17
143
S143
144
S144
216
215
42
Ck
Q
D
Q*
S8
Q211
SA
SB
217
218
58
45
Q45
"1"
R
U19
18
19
11
S13=S57
57
51
12
46
41
Um
Us
13

Fig.5

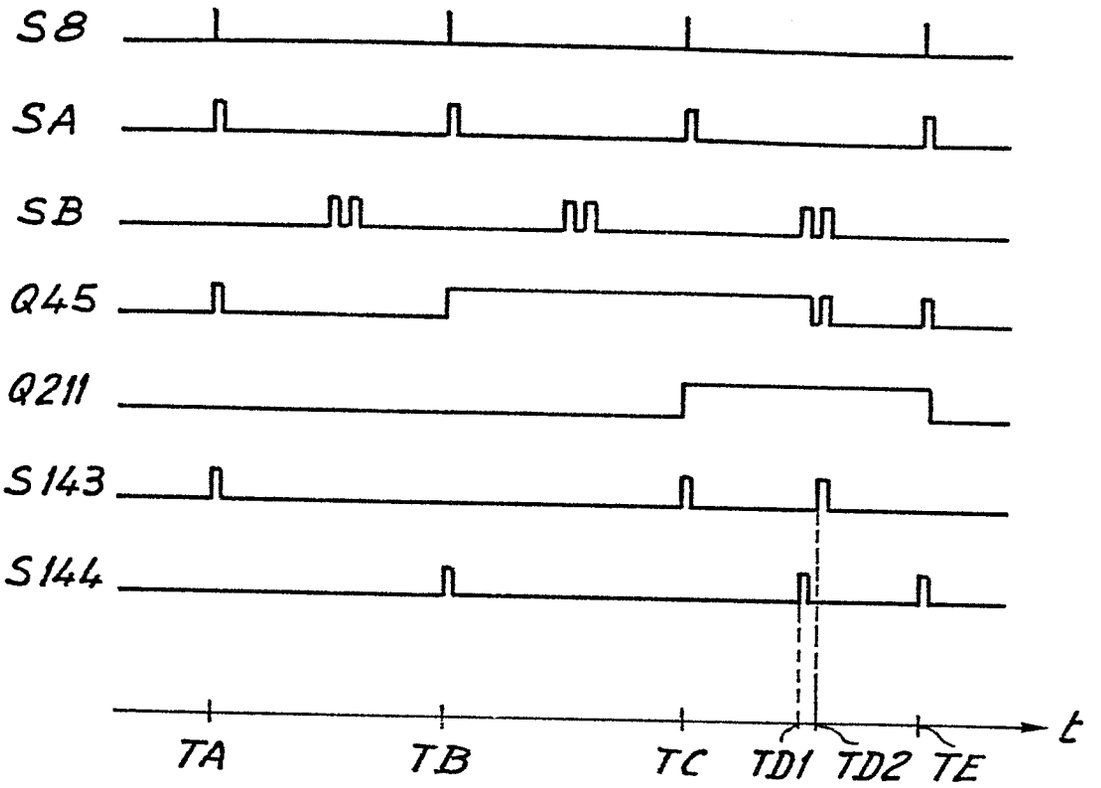
S8
SA
SB
Q45
Q211
S143
S144
t
TA
TB
TC
TD1
TD2
TE

Fig. 6

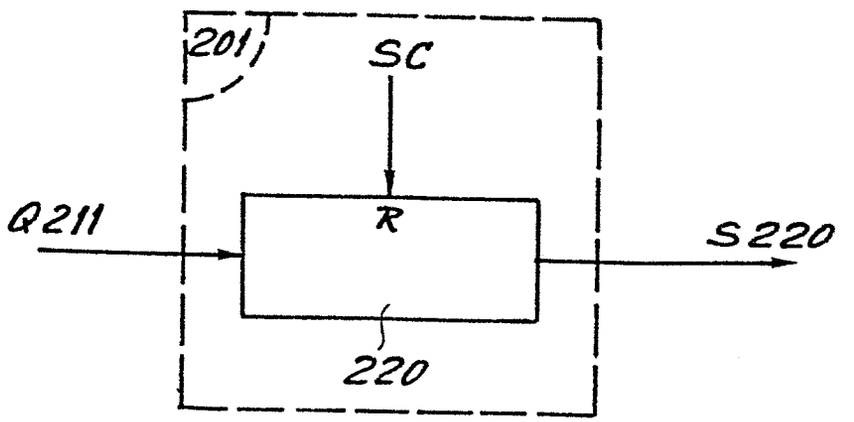
201
SC
Q211
R
S220
220

Fig. 7

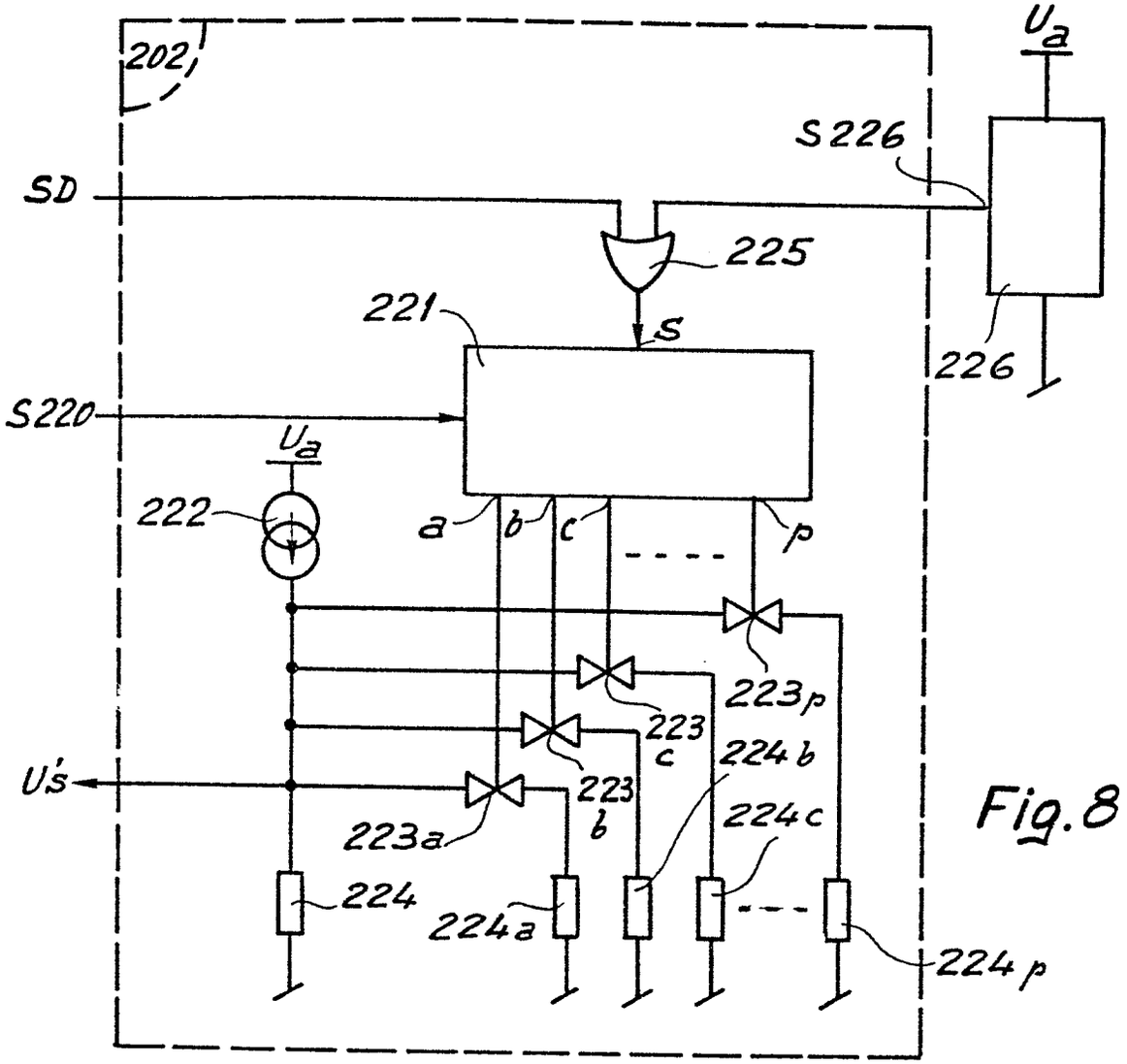
202
Ua
S226
SD
225
S
221
226
S220
Ua
222
a
b
c
p
223p
223c
224b
U's
223b
223a
224c
224
224a
224p

Fig. 8

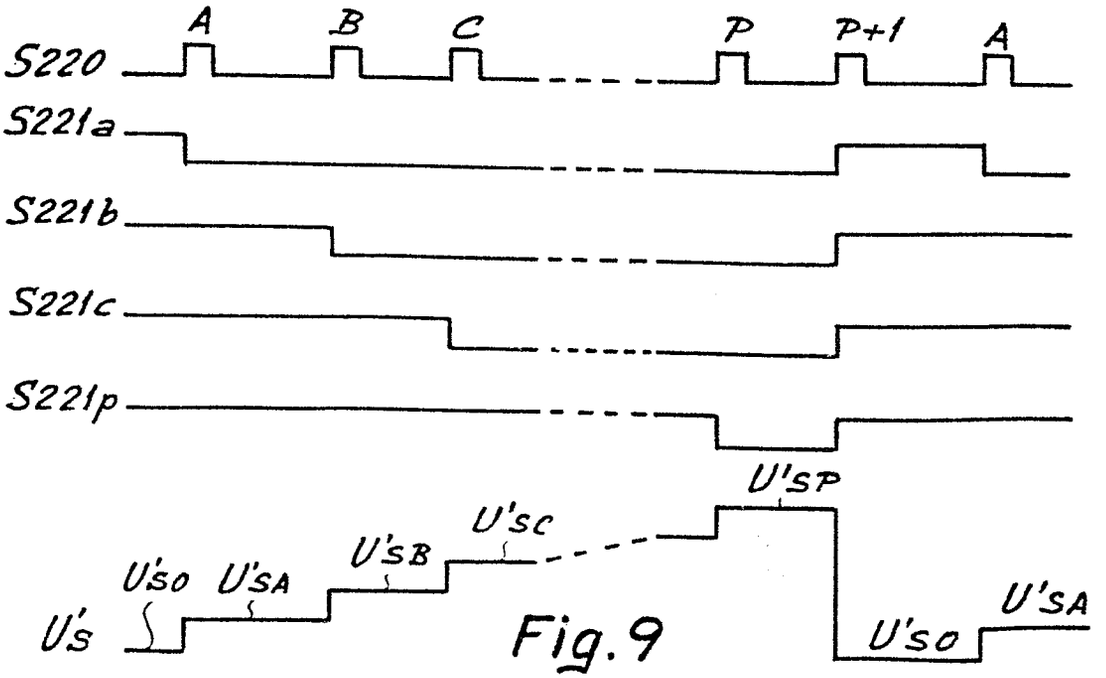
A
B
C
P
P+1
A
S220
S221a
S221b
S221c
S221p
U'sP
U'sc
U'sB
U'so
U'sA
U's
U'so
U'sA

Fig. 9

0135104

Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 84 10 9303

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int Cl 4)
A	GB-A-2 090 086 (K.K. DAINI SEIKOSHA) * Page 1, ligne 40 - page 4, ligne 23; figures *	1,2,6	G 04 C 3/14
D,A	EP-A-0 060 806 (ASULAB S.A.) * Page 35, ligne 1 - page 39, ligne 2 *	1,3,9, 11	
A	EP-A-0 057 663 (J.C. BERNEY S.A.) * Page 2, ligne 2 - page 3, ligne 28 *	1	
A	GB-A-2 077 002 (J.C. BERNEY S.A.)	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
A	US-A-4 326 278 (M. SHIDA et al.)	1	G 04 C H 02 P

Le present rapport de recherche a ete etabli pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
LA HAYE	20-11-1984	EXELMANS U.G.J.R.

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même categorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

OEB Form 1503 03.82