

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 26423

(54)

Appareil de mesure électro-optique.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 D 1/00; G 01 B 21/00.

(22)

Date de dépôt 12 décembre 1980.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *EUA, 14 décembre 1979, n° 06/103 778.*

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 29 du 17-7-1981.

(71)

Déposant : Société dite : KEUFFEL & ESSER COMPANY, résidant aux EUA.

(72)

Invention de : Stefan Orsen.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Rinuy, Santarelli,
14, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

De nombreux appareils de mesure électro-optique pouvant être actuellement utilisés pour produire une indication d'un déplacement linéaire ou rotatif sont basés sur le mouvement relatif entre au moins deux éléments quadrillés, par exemple des réticules d'amplitude ou de phase, disposés sur le trajet d'un faisceau de lumière. Ce mouvement de l'un des éléments réticulés avec le déplacement à mesurer provoque une variation de la transmission de la lumière par les deux réticules et cette variation peut être détectée au moyen d'un détecteur photo-électrique. Un mouvement régulier entre les éléments réticulés permet d'obtenir un signal ayant une forme d'onde sinusoïdale et pouvant être utilisé dans un circuit de comptage et de résolution pour produire une indication du déplacement, exprimé en unités et en fractions d'unité de la mire réticulée de base.

Des exemples typiques de tels appareils de mesure électro-optiques sont décrits dans les brevets des Etats-Unis d'Amérique N° 2 685 082, N° 2 886 717, N° 3 244 895 et N° 3 768 911. Ces appareils comprennent également un second détecteur photo-électrique ou capteur, se déplaçant le long de la mire réticulée de manière à produire un second signal ayant une forme d'onde sinusoïdale et en quadrature de phase avec le premier signal produit par un mouvement dans l'appareil. Ces deux signaux, correspondant respectivement à une fonction sinus et à une fonction cosinus, peuvent être utilisés dans un circuit approprié pour déterminer la direction du déplacement afin d'assurer un pointage précis des comptes d'unités de distance du déplacement.

Dans les appareils indiqués et dans d'autres appareils de mesure de déplacement analogues, les signaux sinus/cosinus sont normalement comparés à une tension prédéterminée de référence pour qu'il en soit dérivé des formes d'ondes rectangulaires pouvant être utilisées directement dans un circuit de comptage et dans un circuit de résolution pour la détermination précise de déplacements sur des fractions d'unité. Bien que la tension continue de référence soit avantageusement choisie et aisément maintenue

au milieu de la plage des tensions de travail d'un appareil, il est souvent difficile d'assurer le maintien du signal de sortie d'un dispositif de détection dans une plage constante d'intensité en raison des nombreuses influences physiques extérieures associées à la mécanique de l'appareil de mesure dans son ensemble. Par exemple, des erreurs mécaniques peuvent se produire dans le traçage d'un réseau réticulé, de sorte qu'une quantité de lumière plus grande ou plus faible peut être transmise à la suite d'une erreur plutôt que d'un déplacement réel des réticules. Ainsi, un décalage d'ensemble du niveau de courant continu du signal détecté peut apparaître pour un tel déplacement.

De même, une accumulation de poussière sur le réticule, ou bien une rayure ou une tache résultant de l'utilisation, peut entraîner des variations inopinées du signal donnant une fausse indication de mouvement. En outre, des variations de l'intensité de la lumière, qui peuvent être interprétées par l'appareil comme un déplacement, peuvent résulter d'un mouvement physique du détecteur photo-électrique ou de la source de lumière, en direction des réticules ou en sens opposés. Des lumières parasites extérieures peuvent également introduire des erreurs simulant un déplacement.

Pour éliminer les indications inopinées de déplacement résultant de ces variations, normalement incontrôlables, du niveau du signal de sortie du capteur, il est nécessaire de détecter la présence d'un décalage du niveau de courant continu dans le signal et de déterminer et de tenir compte, dans l'appareil, de ce décalage. L'invention permet de détecter et de corriger des erreurs pouvant autrement résulter d'effets extérieurs.

Comme indiqué, l'étape initiale pour remédier à une erreur par décalage du niveau du signal consiste à détecter la présence de cette erreur afin qu'une action appropriée de correction puisse être entreprise. Selon l'invention, l'existence d'un décalage du niveau global du signal de sortie du capteur est détectée par un procédé qui consiste à mesurer l'amplitude du signal sinusoïdal au

maximum et au minimum de chaque période et à comparer la moyenne de ces intensités mesurées à la tension nominale de référence utilisée dans le circuit de mesure.

Etant donné que la plupart des appareils de
5 mesure du type considéré utilisent au moins deux capteurs pour produire deux signaux en quadrature de phase, destinés à être utilisés pour différencier la direction des mouvements, il existe un moyen pratique pour effectuer les mesures d'amplitude au moment approprié. En effet, chacun des signaux
10 sinus et cosinus produits par les capteurs respectifs peut être utilisé dans un circuit de détection à passage par zéro pour déclencher une mesure de l'autre signal, car un passage par "zéro" de l'un de ces signaux se produit sensiblement au niveau des valeurs maximale et minimale de la forme d'onde
15 sinusoïdale de l'autre signal. Ainsi, par des moyens numériques ou analogiques, il est possible de déterminer la moyenne des valeurs maximale et minimale de chaque période des signaux respectifs et de comparer cette moyenne au niveau de référence de courant continu et, étant donné que toute
20 différence entre cette moyenne et la référence nominale indique un décalage extérieur du niveau du signal, la condition à l'origine d'une erreur de potentiel est détectée.

Un décalage ou une déviation global erroné, en courant continu, du niveau du signal ayant été reconnu par
25 rapport à un changement d'intensité du signal résultant d'un déplacement réel à mesurer, il est nécessaire d'entreprendre une action de correction de crainte que le décalage n'entraîne une erreur de mesure. Bien que dans certains appareils, une erreur de potentiel puisse être évitée soit par décomptage de
30 toute donnée obtenue pendant la présence d'un décalage de niveau en courant continu, soit par répétition de la mesure douteuse, ces procédés sont peu pratiques dans des appareils du type actuellement considéré, car, dans le premier cas, le décomptage de données, en particulier dans des dispositifs de
35 comptage incrémentiel, compense l'erreur à éviter, alors que dans l'autre cas, une répétition de la mesure peut être sans effet, car un décalage du niveau d'un signal résultant de la poussière ou d'une imperfection de la grille est simplement répété.

La solution préférée pour ce problème est donc une détermination de l'amplitude du décalage de niveau de courant continu et l'application, au déplacement indiqué, d'une correction suffisante pour éliminer toute erreur occasionnée par le décalage de courant continu autrement incontrôlable.

Selon l'invention, une erreur de décalage ou de déviation d'un signal est corrigée numériquement ou de manière analogique. Dans le premier cas, un dispositif de calcul, équipant normalement les appareils de mesure électro-optique les plus perfectionnés, peut être utilisé pour déterminer l'amplitude de l'erreur par décalage de courant continu et pour utiliser cette erreur directement comme correction pendant le processus de mesure. Par ailleurs, une correction analogique peut être effectuée en continu pendant le fonctionnement de l'appareil de mesure par calcul de la moyenne des valeurs maximale/minimale mesurées des périodes du signal du capteur et par renvoi de la valeur moyenne dans le circuit afin que le niveau de courant continu de référence soit décalé avec le milieu du signal de décalage pour maintenir une relation étroite entre ces niveaux et minimiser toute erreur correspondante.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemples nullement limitatifs et sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation graphique d'un signal sinus/cosinus et des impulsions correspondantes d'échantillonnage utilisés dans une forme de réalisation numérique de l'appareil selon l'invention ;

- la figure 2 est un schéma d'un circuit d'échantillonnage de signaux de la forme de réalisation numérique de l'appareil selon l'invention ;

- la figure 3 est un schéma d'un circuit de correction et d'échantillonnage de signaux utilisé dans une forme de réalisation analogique de l'appareil selon l'invention ; et

- la figure 4 est une représentation graphique de deux signaux sinus/cosinus, d'un signal cosinus corrigé et

d'impulsions d'échantillonnage correspondantes, utilisés dans la forme de réalisation analogique.

La figure 1 représente deux signaux sinus/cosinus 11, 12, le signal cosinus étant représenté
5 comme ayant une valeur globale croissante en raison d'un décalage de niveau du courant continu résultant, par exemple, d'un défaut mécanique d'un élément de démultiplication d'un appareil de mesure électro-optique. Bien que la forme d'onde 12 du signal sinus semble être à peu près stable par rapport
10 au niveau de la tension de référence DCo de l'appareil, le signal cosinus 11 s'éloigne ou dérive par rapport au signal sinus correspondant en suivant son niveau moyen DCE de dérive. Le signal cosinus apparaît donc comme étant erroné par suite de cette dérive, l'erreur étant, à tout instant
15 donné, à peu près égale à la différence entre DCo et DCE.

Une telle erreur par décalage ou dérive du signal, si elle est maintenue dans des limites raisonnables, n'a pas d'effet sensible sur un appareil de mesure incrémentielle, car le pointage des périodes de l'ensemble du signal
20 n'est généralement pas affecté. La résolution d'un déplacement à l'intérieur d'une période donnée du signal est cependant sensiblement affectée par une dérive du niveau du signal, car ce déplacement dépend directement, sous la forme d'une fonction trigonométrique, de la valeur du signal à
25 l'instant de la mesure. Ainsi, par exemple, la valeur au point 17 du signal cosinus 11 doit normalement être mesurée par rapport à un niveau de tension prédéterminé de référence DCo qui peut être considéré, dans la présente description, comme étant le niveau de masse, les signaux produits par les
30 capteurs variant sur une certaine plage nominale, par exemple ± 8 volts. Comme montré sur la figure 1, la valeur mesurée au point 17 est augmentée de l'amplitude de l'erreur par dérive à cet instant et elle indique donc un déplacement plus faible, c'est-à-dire une phase plus faible du signal cosinus,
35 que celui indiqué si la mesure au point 17 était effectuée convenablement par rapport à l'axe médian décalé DCE de ce signal.

Ainsi, conformément à l'invention, la correction de la dérive du niveau de courant continu d'un signal produit est basée sur une détermination de la valeur médiane du signal à proximité du point auquel une mesure de position est réalisée et sur une comparaison de cette valeur médiane avec le niveau de tension de référence dans l'appareil. Cette détermination et cette comparaison peuvent être réalisées dans un appareil de mesure numérique comprenant le circuit montré schématiquement sur la figure 2. Comme décrit plus en détail ci-après, chacun des signaux sinus 12 et cosinus 11 produits au cours d'un déplacement sur l'échelle de l'appareil est comparé alternativement au niveau prédéterminé DCo de tension de référence pour produire finalement une série d'impulsions de déclenchement qui sont utilisées pour échantillonner de manière régulière les valeurs de chacun des signaux sinus/cosinus exactement ou approximativement à leurs maxima et minima. Pour ces valeurs, on calcule les niveaux de l'axe médian DCo de chaque demi-période des signaux respectifs sinus/cosinus. Lorsque cet axe médian est calculé, il est comparé au niveau de référence DCo et la différence, qui représente une dérive ou un décalage du niveau en courant continu du signal, est appliquée mathématiquement à toute valeur de signal de mesure de position obtenue au cours de la demi-période qui suit afin que l'erreur de valeur, résultant de toute dérive de niveau en courant continu du signal, soit sensiblement éliminée.

Comme représenté sur la figure 1, une impulsion de déclenchement faisant partie d'une série 18 d'impulsions est produite en réponse à chaque passage par zéro du signal sinus 12 par rapport au niveau de référence DCo de l'appareil. De même, dans l'exemple décrit, le signal cosinus 11 produit une série d'impulsions 19 de déclenchement à chaque fois qu'il coupe l'axe DCo. Ces impulsions de déclenchement provenant de chaque signal sont utilisées, comme montré sur la figure 1, pour effectuer en continu, pendant le déplacement physique réalisé dans l'appareil, l'échantillonnage du signal correspondant produit par le capteur. Par exemple, les impulsions de déclenchement de la

série 19, produites lors des passages par zéro du signal cosinus, effectuent la mesure des valeurs maximales 14 et minimales 16 successives du signal sinus 12. Etant donné que ce signal présente normalement une variation constante par rapport à son axe médian pendant la durée d'une demi-période, par exemple entre les points de mesure 14 et 16, le calcul de la moyenne entre ces deux valeurs donne la valeur de cet axe médian. Toute différence résultant d'une comparaison de la valeur calculée pour l'axe médian et de la valeur de référence DCo indique alors une dérive du signal et annonce qu'il est nécessaire de procéder à une correction appropriée sur toute valeur mesurée au cours de la demi-période suivante du signal. Dans l'exemple considéré, on peut observer que le signal sinus est stable par rapport à l'axe DCo, car la moyenne des valeurs des points 14, 16 coïncide avec ce niveau de référence.

De la même manière, les impulsions 18 provenant des passages par zéro du signal sinus sont utilisées pour échantillonner le signal cosinus, par exemple aux points 13, 15. Bien que ces valeurs mesurées 13, 15 soient légèrement décalées des valeurs précises minimales et maximales du signal cosinus par suite de l'erreur de dérive de ce signal, leur moyenne détermine néanmoins efficacement la valeur moyenne correcte DCo du signal pendant la partie intermédiaire de la période du signal cosinus. L'utilisation de cette valeur moyenne calculée DCo comme référence par rapport à toute valeur 17 de position prise au cours de la demi-période adjacente du signal cosinus permet d'obtenir une mesure de déplacement sensiblement correcte, ne présentant pas d'erreur résultant d'une mesure prise par rapport au niveau normal de référence DCo du système.

Un circuit tel que celui montré schématiquement sur la figure 2 peut être utilisé dans l'appareil décrit pour l'obtention des mesures indiquées, représentatives de toute dérive des signaux pouvant se produire par suite de causes extérieures telles que des instabilités mécaniques de l'appareil. Ce circuit comprend une tête classique 20 de capteur électro-optique qui produit les signaux

sinus/cosinus indiqués, dirigés respectivement vers des canaux séparés dans lesquels ils sont amplifiés classiquement en 21, 22 pour constituer les signaux analogiques représentatifs 11, 12, le signal cosinus 11 étant représenté comme
5 dérivé vers le haut par rapport au niveau de référence DCo, comme décrit précédemment.

Si l'on suit le canal du signal sinus, on voit que le signal analogique 12 est conformé dans un comparateur 13 qui est référencé au niveau DCo ou à la masse dans
10 l'exemple décrit, le signal rectangulaire ainsi produit étant dirigé de manière à déclencher un élément logique 26 qui peut être de tout type connu produisant une impulsion à chacune des transitions négatives et positives de l'onde rectangulaire d'entrée. Les impulsions de déclenchement qui en
15 résultent sont alors dirigées vers des portes respectives 25 du canal du signal cosinus pour effectuer des mesures par échantillonnage minimal/maximal du signal cosinus analogique 11, par exemple aux points 13, 15 indiqués sur la figure 1.

Les valeurs minimale/maximale du signal cosinus ainsi obtenues sont mémorisées dans des dispositifs respectifs 27 d'échantillonnage et de maintien, converties en valeurs numériques par des convertisseurs analogiques/numériques 28 qui sont également commandés par l'impulsion de déclenchement et d'échantillonnage, et
25 transmises à des mémoires à accès direct associées au microprocesseur de l'appareil représenté en 29. Ces mémoires à accès direct sont donc mises à jour en continu par les valeurs numériques alternatives maximales et minimales des signaux cosinus à utiliser au moment d'une mesure de position
30 pour déterminer la valeur moyenne utilisable pour la correction de la valeur mesurée. Le signal cosinus produit de la même manière la série d'impulsions 19 de déclenchement qui échantillonnent le signal sinus correspondant afin qu'il soit transmis sous une forme numérique aux mémoires à accès direct
35 du microprocesseur 29.

Au moment où une mesure de position est réalisée dans le circuit numérique indiqué à titre d'exemple, le processeur de l'appareil demande l'établissement de la valeur

du niveau du signal, comme indiqué en 17, afin de procéder à une conversion, à la manière de l'échantillonnage des valeurs maximale/minimale, en une forme numérique et à la transmission vers la mémoire à accès direct. La valeur ainsi
5 enregistrée est cependant une valeur absolue, référencée à l'axe DCo, et elle contient donc une erreur en tant qu'indication de la position réelle de la phase de la période du signal cosinus par suite de la dérive mentionnée du niveau en courant continu du signal cosinus par rapport à la
10 référence DCo. Pour donner une valeur appropriée Vc au signal cosinus pour la détermination de la position de la phase, les valeurs de courant enregistré pour le signal cosinus le plus récent, à savoir la valeur maximale Mx, la valeur minimale Mn et la valeur absolue mesurée Va, ainsi que le niveau de
15 référence DCo, sont analysés dans le microprocesseur pour déterminer l'amplitude de l'erreur due à la dérive et pour utiliser cette amplitude comme correction de la valeur mesurée erronée.

Dans l'exemple d'appareil décrit, une analyse
20 préférée de correction s'effectue de la manière suivante. La valeur moyenne erronée précédente :

$$DCE = (Mx + Mn) / 2$$

est déterminée et son erreur par dérive, par rapport au
25 niveau de référence DCE-DCo, est calculée. Cette erreur est ensuite supprimée de la valeur absolue de position mesurée pour que l'on obtienne la valeur corrigée de la phase du signal cosinus :

$$30 \quad Vc = Va - ((Mx + Mn) / 2) - DCo$$

En plus de la correction précédente de l'erreur due à une dérive du niveau du signal en courant continu, il est avantageux et préféré, dans le circuit numérique décrit,
35 de corriger toute erreur supplémentaire pouvant être occasionnée par une variation d'amplitude, par exemple pouvant résulter d'une défaillance de la source d'alimentation en courant continu. Dans ce cas, le niveau approprié DCo peut

être maintenu alors que la valeur mesurée du signal de position est erronée par suite d'une amplitude réduite du signal. Pour corriger une telle erreur, la plage d'amplitude réelle du signal Mx-Mn est comparée à la plage nominale V d'alimentation en courant continu, et le résultat est appliqué à la valeur corrigée de la phase du signal pour obtenir une valeur cosinus qui est normalisée par rapport à une échelle sur laquelle la détermination réelle de la phase du signal cosinus doit être effectuée :

$$V_{c_n} = (V_a - ((M_x + M_n) / 2) - D_{Co}) \times (V / (M_x - M_n)).$$

Le signal sinus correspondant peut être analysé et corrigé de la même manière, si cela est nécessaire, afin que la relation appropriée soit maintenue entre les deux signaux et afin également d'assurer une définition précise des mesures de déplacement en fractions de la période de comptage de l'appareil. Bien que dans le cas du circuit de la figure 2, chaque branche d'échantillonnage soit représentée comme comportant un effectif complet de dispositifs décrits, c'est-à-dire des portes, des éléments d'échantillonnage et de maintien et des convertisseurs analogiques/numériques, un nombre plus faible de portes et d'éléments de conversion peut suffire lorsqu'un procédé de multiplexage et des portes, pouvant être adressées par le microprocesseur, sont mis en oeuvre pour produire une suite ordonnée d'échantillons de signaux pour la mise à jour des mémoires à accès direct. Un tel dispositif de multiplexage peut aisément desservir tout nombre de capteurs, par exemple ceux montés dans un théodolite électronique pour produire plusieurs signaux de mesure de hauteur ainsi que d'azimut de la ligne de visée de l'instrument.

Dans des appareils de mesure où il est prévu que des dérives de signaux d'amplitude particulièrement grande peuvent se produire, il est préférable de corriger ces dérives par un dispositif analogique plutôt que numérique. Bien que la forme de réalisation numérique de l'invention suffise aux applications consistant à rectifier des erreurs

par dérive de signaux dans les appareils de mesure construits avec une grande précision, par exemple le théodolite indiqué précédemment, un dispositif analogique tel que celui montré schématiquement sur la figure 3 à titre d'exemple est préféré
5 dans des appareils de structure moins sophistiquée ou dans des appareils destinés à être utilisés dans des milieux tendant à les rendre plus sujets aux erreurs dues à des causes extérieures.

Comme montré sur la figure 3, des signaux sinus et cosinus 42, 41, produits par un capteur électro-optique
10 30, sont amplifiés par des amplificateurs 32, 31 montés dans des canaux séparés. De même que dans l'exemple décrit précédemment, le signal cosinus 41 est considéré comme étant décalé vers le haut par rapport au niveau DCo de référence de
15 l'appareil, par exemple à la suite d'influences mécaniques, alors que le signal sinus 42 est considéré comme sans erreur, c'est-à-dire variant régulièrement par rapport à la référence constituée par la masse. Une série 46 d'impulsions d'échantillonnage (figure 4), provenant des passages par zéro
20 du signal sinus 42, est dérivée, de même que dans l'exemple précédent, par conformation du signal dans un comparateur 34 et application de ce signal à un élément logique 36 de déclenchement, les impulsions de déclenchement d'échantillonnage étant dirigées vers des portes 35 du canal parcouru
25 par les signaux cosinus.

Comme décrit précédemment, le signal cosinus 41 présentant une erreur par dérive est échantillonné alternativement à proximité de ses valeurs maximale et minimale, chacune de ces valeurs étant transmise par l'intermédiaire
30 d'un élément 37 d'échantillonnage et de maintien à un convertisseur analogique/numérique 38. Ce dernier dispositif est utilisé pour éviter une diminution du niveau de la valeur mesurée dans le cas où l'échantillonnage régulier est interrompu pendant un certain laps de temps, par exemple
35 lorsque l'appareil de mesure reste en position fixe pendant la réalisation d'une mesure de position. Chaque valeur numérique est ensuite de nouveau convertie dans un convertisseur numérique/analogique 39 à la sortie duquel la valeur

maximale ou minimale la plus récente du signal erroné est appliquée à un réseau équilibré de résistances afin que la valeur moyenne ou médiane de chaque échantillonnage de valeurs maximales et minimales soit dérivée. Cette valeur
5 moyenne est appliquée avec le signal cosinus erroné 41 à l'entrée de l'amplificateur différentiel 33 dont la sortie est décalée par suite de la valeur d'entrée moyenne modifiée pour produire un signal cosinus 43 qui varie correctement par rapport au niveau DCo de référence, c'est-à-dire la masse. Le
10 signal cosinus corrigé devient alors disponible en 49 pour être appliqué aux circuits classiques de conformation et de comptage et à des circuits analogiques de résolution où des mesures inférieures à une période entière sont réalisées. Le signal cosinus corrigé 43 est également appliqué au
15 comparateur 34 pour que l'on obtienne une onde en créneaux de séquence plus appropriée, appliquée à l'entrée du circuit logique 36 produisant une série 47 d'impulsions d'échantillonnage qui commande les portes d'échantillonnage et les convertisseurs analogiques/numériques du circuit d'échan-
20 tillonnage du canal du signal sinusoïdal.

La figure 4 permet de voir l'effet du circuit analogique de correction à partir d'une comparaison de la forme d'onde représentative du signal cosinus erroné 41 et de celle représentant le signal corrigé 43. A chaque échantil-
25 lonnage des valeurs maximale et minimale respectives du signal cosinus erroné 41, entraînant une variation du signal de sortie du convertisseur numérique/analogique associé 39, la valeur moyenne des deux dernières valeurs maximale et minimale est appliquée à l'entrée de référence d'un amplifi-
30 cateur différentiel 33. Le résultat de cette variation est que la demi-période suivante du signal cosinus apparaissant à la sortie de l'amplificateur 33 est amenée en position par rapport à la référence DCo du système, cette position étant sensiblement équilibrée par rapport à ce niveau de référence.
35 Ainsi, lors de l'échantillonnage de la valeur maximale ou minimale de chaque demi-période, une correction est réalisée et appliquée à la demi-période suivante afin de maintenir le signal d'entrée, présent en 48 et 49, relativement exempt de l'erreur par dérive en courant continu.

Un autre effet avantageux du circuit analogique de correction décrit ci-dessus résulte du fait qu'étant donné que toute erreur d'un signal est corrigée à chaque demi-période, la séquence alternative régulière de la transition des paires de signaux sinus/cosinus en créneaux, normalement
5 essentielle au fonctionnement approprié des dispositifs de comptage pas à pas, est maintenue. Ainsi, les erreurs par dérive ou décalage ayant une amplitude pouvant entraîner autrement une perte de comptage dans de tels dispositifs de
10 comptage pas à pas sont éliminées et la précision de la mesure est maintenue. Il est évident que cet avantage peut également être obtenu dans un dispositif principalement numérique, tel que celui décrit précédemment, par une hybridation des segments correspondants de chaque circuit.

15 Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées à l'appareil décrit et représenté sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Appareil de mesure électro-optique comprenant un dispositif destiné à produire un signal électrique sinusoïdal en réponse à un déplacement à mesurer et un
5 dispositif qui établit une relation entre l'amplitude de ce signal et une tension prédéterminée de référence afin de produire une indication de l'amplitude du déplacement, l'appareil étant caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif destiné à corriger des erreurs résultant d'une
10 dérive du niveau en courant continu dudit signal électrique sinusoïdal, ce dispositif de correction comprenant un élément d'échantillonnage (27, 37) destiné à donner une indication des valeurs d'amplitude du signal sensiblement au maximum et au minimum d'une période donnée dudit signal, un dispositif
15 destiné à calculer la moyenne des valeurs maximale et minimale pour donner ainsi une indication de l'amplitude moyenne de ladite période du signal, et un dispositif destiné à utiliser la valeur de l'amplitude moyenne pour décaler les valeurs d'amplitude de la demi-période du signal adjacente à
20 ladite moyenne vers la valeur de ladite tension de référence, le décalage s'effectuant sur une amplitude égale à la différence entre ladite moyenne et ladite tension de référence.

2. Appareil selon la revendication 1, caracté-
25 risé en ce que l'élément d'échantillonnage comprend un élément destiné à produire un second signal en quadrature de phase avec le signal sinusoïdal, des éléments (23, 26 ; 34, 36) destinés à comparer le second signal à ladite tension prédéterminée de référence et à produire une impulsion de déclenchement d'échantillonnage lorsque l'amplitude du
30 second signal est égale à ladite tension de référence, et un élément qui réagit aux impulsions d'échantillonnage en produisant une indication de l'amplitude dudit signal sinusoïdal à l'instant de l'apparition de chacune de ces
35 impulsions.

3. Appareil selon la revendication 2, caracté-
risé en ce que les dispositifs de calcul de moyenne et d'utilisation comprennent des éléments destinés à produire

une valeur numérique représentative de chaque amplitude échantillonnée dudit signal sinusoïdal, un élément (29) destiné à conserver un enregistrement des valeurs numériques des amplitudes des deux derniers signaux sinusoïdaux produits, un élément (29) destiné à calculer la moyenne arithmétique des valeurs numériques retenues afin de dériver la valeur numérique de ladite amplitude moyenne, et un élément de calcul destiné à soustraire arithmétiquement de ladite valeur numérique d'amplitude moyenne la valeur numérique de la tension de référence, puis à soustraire le résultat ainsi obtenu de la valeur numérique d'un niveau d'amplitude du signal sinusoïdal mesuré dans ladite demi-période adjacente.

4. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif de calcul de moyenne et d'utilisation comprend un circuit de maintien destiné à présenter des niveaux de tension de sortie séparés et représentatifs des amplitudes respectives des deux derniers échantillonnages réalisés sur le signal sinusoïdal, un pont de résistances R monté dans un circuit électrique à la sortie du circuit de maintien et produisant, à sa sortie, un niveau de tension moyenne égal à la moyenne arithmétique des niveaux de sortie du circuit de maintien, et un amplificateur différentiel (33) qui reçoit à son entrée ledit signal sinusoïdal et, à son entrée de polarisation, le signal de sortie du pont de résistances, de manière que cet amplificateur différentiel produise à sa sortie un signal quasi sinusoïdal corrigé dont le niveau en courant continu de chaque demi-période comprise entre les échantillonnages est décalé vers ledit niveau de la tension de référence, le décalage ayant une amplitude à peu près égale à la différence entre le niveau de la tension de référence et le niveau de tension moyenne.

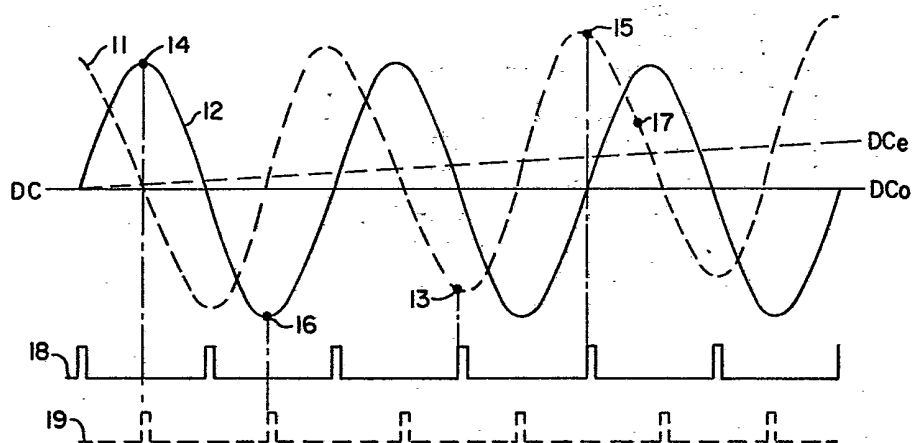


FIG. 1

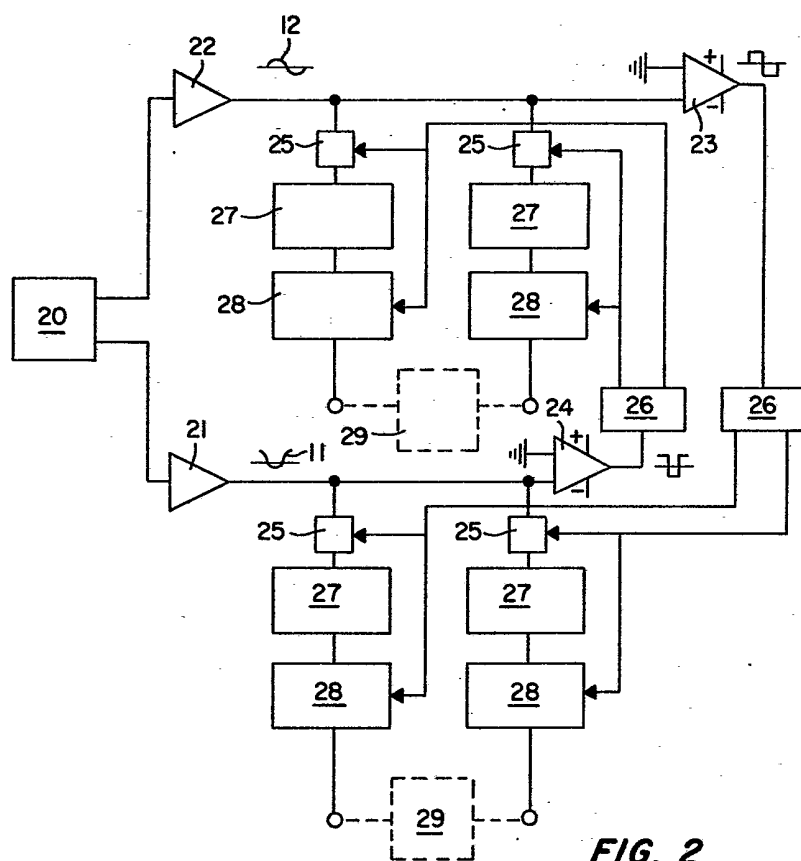


FIG. 2

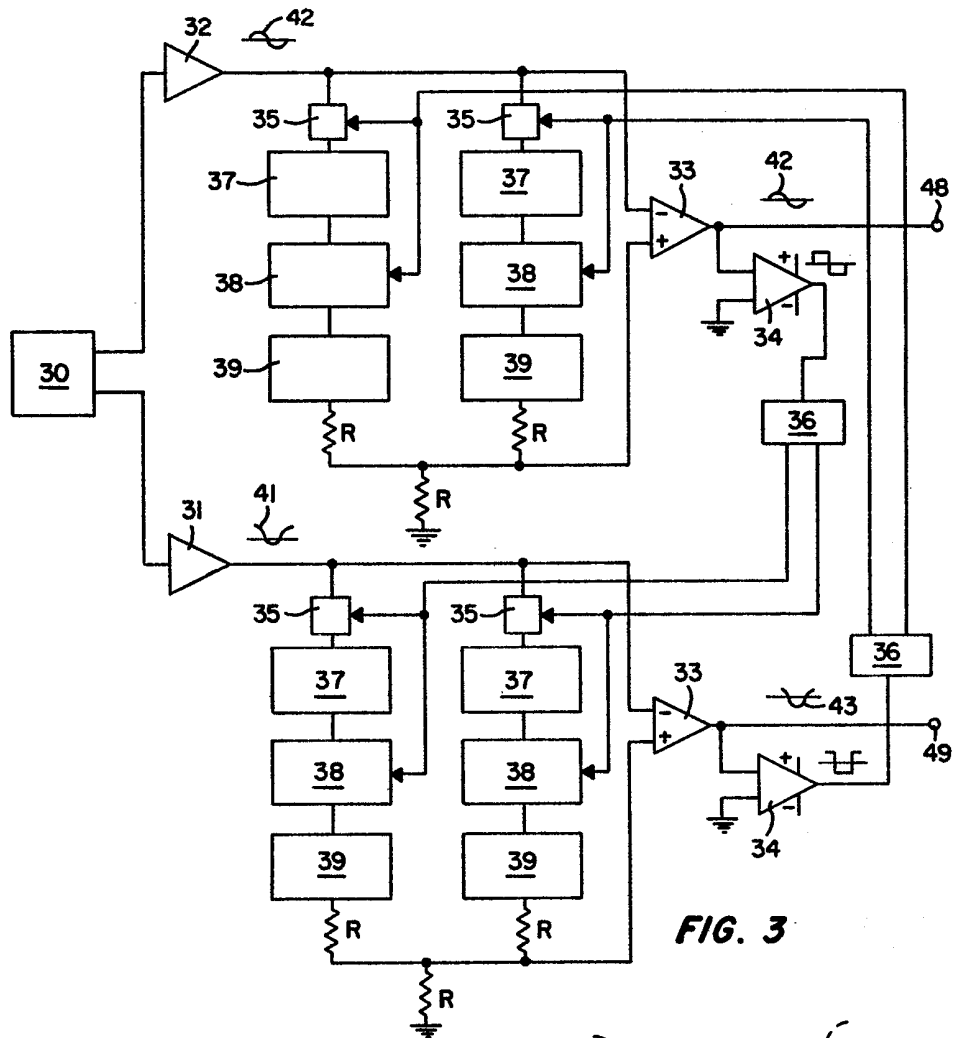


FIG. 3

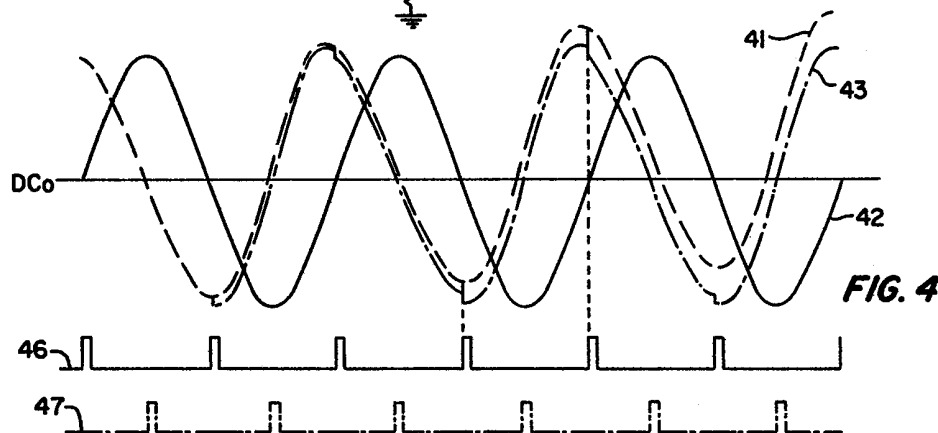


FIG. 4