



Demande de brevet déposée pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DE LA DEMANDE** A3

⑪

618 572 G

⑫① Numéro de la demande: 12339/77

⑫② Date de dépôt: 10.10.1977

⑫④ Demande publiée le: 15.08.1980

⑫④④ Fascicule de la demande
publié le: 15.08.1980

⑦① Requéran(s):
Electronic Time Company ETIC S.A., La
Chaux-de-Fonds

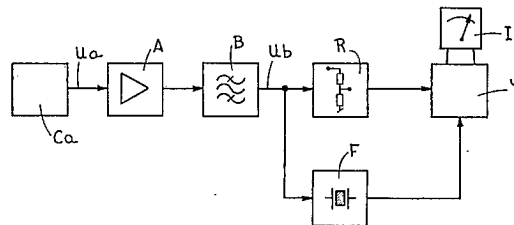
⑦② Inventeur(s):
Jacques Froidevaux, La Chaux-de-Fonds

⑦④ Mandataire:
Jean S. Robert, Landecy-Genève

⑤⑥ Rapport de recherche au verso

⑤④ **Procédé de mesure de la marche ou de l'écart de fréquence d'une pièce d'horlogerie à quartz et appareil de mesure pour la mise en oeuvre de ce procédé.**

⑤⑦ On capte, à l'aide d'un capteur piézo-électrique (Ca), sur la pièce d'horlogerie à contrôler, un signal d'entrée (Ua) que l'on amplifie par un amplificateur (A) dont la bande passante est limitée au voisinage de la fréquence à mesurer par un filtre passe-bande (B), de manière à éliminer les signaux perturbateurs. Ce signal est alors acheminé d'une part sur un atténuateur résistif (R) et d'autre part sur un filtre à quartz (F), l'ensemble constituant un pont dont les sorties sont déphasées l'une par rapport à l'autre lorsque la fréquence du signal d'entrée diffère de la fréquence centrale (f_0) du filtre (F) qui constitue la fréquence nominale. Un circuit phasemètre (φ) convertit l'écart de phase en un courant transmis à un instrument de lecture (I). Ainsi, le contrôle de la marche d'une pièce d'horlogerie s'effectue à l'aide d'un appareil de mesure extrêmement simple, ne demandant aucun réglage de la part de l'opérateur et d'un prix de revient très peu élevé.





Bundesamt für geistiges Eigentum
Office fédéral de la propriété intellectuelle
Ufficio federale della proprietà intellettuale

RAPPORT DE RECHERCHE RECHERCHENBERICHT

Demande de brevet No.:
Patentgesuch Nr.:

CH 12339/77

I.I.B. Nr.:

HO 12 794

Documents considérés comme pertinents Einschlägige Dokumente		
Catégorie Kategorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes. Kennzeichnung des Dokuments, mit Angabe, soweit erforderlich, der massgeblichen Teile	Revendications con- cernées Betrifft Anspruch Nr.
	HORLOGICAL JOURNAL Vol. 105, février 1963 London (GB) N.T.J. BEVAN: "A new approach to Electronic Watch timing" pages 51, 52	I, 2
	FR - A - 1 455 135 (INTERNATIONAL STANDARD ELECTRIC CORPORATION) * page 2, résumé; figure 2*	I, 1-3
	US - A - 3 946 592 (S. ICHIKAWA) * colonne 1, lignes 18 à 45; figure 2 *	8

Domaines techniques recherchés
Recherchierte Sachgebiete
(INT. CL.2)

G 04 D 7/12
H 03 D 3/16
G 01 R 23/07
G 01 R 23/08

Catégorie des documents cités
Kategorie der genannten Dokumente:

X: particulièrement pertinent
von besonderer Bedeutung
A: arrière-plan technologique
technologischer Hintergrund
O: divulgation non-écrite
nichtschriftliche Offenbarung
P: document intercalaire
Zwischenliteratur
T: théorie ou principe à la base de
l'invention
der Erfindung zugrunde liegende
Theorien oder Grundsätze
E: demande faisant interférence
kollidierende Anmeldung
L: document cité pour d'autres raisons
aus andern Gründen angeführtes
Dokument
&: membre de la même famille, document
correspondant
Mitglied der gleichen Patentfamilie;
übereinstimmendes Dokument

Etendue de la recherche/Umfang der Recherche

Revendications ayant fait l'objet de recherches
Recherchierte Patentansprüche: **ensemble**

Revendications n'ayant pas fait l'objet de recherches
Nicht recherchierte Patentansprüche:

Raison:
Grund:

Date d'achèvement de la recherche/Abschlussdatum der Recherche

18 mai 1978

Examineur I.I.B./I.I.B. Prüfer

REVENDEICATIONS

1. Procédé de mesure de la marche ou de l'écart de fréquence d'une pièce d'horlogerie à quartz, caractérisé par le fait qu'on utilise la fréquence centrale d'un filtre passif à quartz comme fréquence de référence, on achemine un signal d'entrée fourni par ladite pièce d'horlogerie sur ledit filtre passif, compare en phase le signal de sortie dudit filtre passif au signal d'entrée fourni par ladite pièce d'horlogerie, et applique à un instrument de lecture directement gradué en unités de marche ou en écarts de fréquence la tension ou le courant résultant de ladite comparaison de phase.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on utilise un instrument de lecture dont l'échelle présente le zéro au centre et dont la graduation est une fonction en arc tangente, plus étalée vers le centre qu'aux extrémités.

3. Appareil de mesure de la marche ou de l'écart de fréquence d'une pièce d'horlogerie à quartz, pour la mise en œuvre du procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comprend un filtre passif à quartz fournissant une fréquence de référence, au moins un capteur prélevant, sur la pièce d'horlogerie dont on mesure la marche ou l'écart de fréquence, un signal d'entrée, un circuit apte à effectuer la comparaison en phase du signal de sortie du filtre passif à quartz avec ledit signal d'entrée, et un instrument de lecture directement gradué en unités de marche ou en écarts de fréquence auquel est appliqué la tension ou le courant fourni par ledit circuit de comparaison de phase.

4. Appareil suivant la revendication 3, caractérisé par le fait que l'échelle dudit instrument de lecture présente le zéro au centre, sa graduation étant une fonction en arc tangente plus étalée vers le centre qu'aux extrémités.

5. Appareil suivant la revendication 3, caractérisé par le fait qu'il comprend un amplificateur d'entrée auquel est appliqué ledit signal d'entrée.

6. Appareil suivant la revendication 5, caractérisé par le fait que ledit amplificateur comprend au moins un étage écrêteur fournissant une tension continue fonction de l'amplitude du signal d'entrée, l'appareil comprenant un dispositif témoin actionné par ladite tension continue et qui indique si le signal à mesurer a une amplitude suffisante pour que le fonctionnement de l'appareil soit assuré.

7. Appareil suivant la revendication 5, caractérisé par le fait que ledit amplificateur comprend au moins un étage muni d'une boucle à asservissement de phase destinée à améliorer le rejet des signaux parasites.

8. Appareil suivant la revendication 3, caractérisé par le fait que le filtre passif comprend plusieurs quartz commutables adaptés aux fréquences usuelles à mesurer.

9. Appareil suivant la revendication 3, caractérisé par le fait qu'il comprend plusieurs capteurs spécialisés par mode de détection piézo-électrique, inductif ou capacitif.

10. Appareil suivant la revendication 3, caractérisé par le fait qu'il comprend plusieurs capteurs spécialisés par fréquence, chacun d'eux comprenant un convertisseur de fréquence ramenant les différentes fréquences à mesurer à celle du filtre passif à quartz.

La présente invention a pour objet un procédé de mesure de la marche ou de l'écart de fréquence d'une pièce d'horlogerie à quartz et un appareil de mesure pour la mise en œuvre de ce procédé.

Il est précisé que le terme de marche est entendu ici dans son sens horloger où il signifie variation de marche d'un instrument horaire. Plus précisément, la marche d'un tel instrument est l'écart entre les indications qu'il fournit à 24 h d'intervalle.

Les pièces d'horlogerie électroniques, et plus particulièrement celles faisant usage d'un résonateur à quartz, demandent, pour le contrôle de leur marche, des moyens différents des pièces d'horlogerie mécaniques.

Il est naturellement possible de prélever galvaniquement le signal électrique de l'oscillateur d'une telle pièce d'horlogerie, de l'amplifier et de l'injecter dans un fréquencemètre, mais cette méthode se heurte à plusieurs difficultés qui la rendent difficilement praticable:

— les très faibles niveaux de puissance auxquels travaillent les montres à quartz font que la mesure même risque fort de perturber la fréquence;

— les points où cette fréquence devrait être prélevée sont souvent inaccessibles;

— les horlogers devant effectuer le contrôle et le réglage ne disposent pas de l'équipement nécessaire à de telles mesures.

C'est pourquoi il a été mis sur le marché un certain nombre d'appareils munis d'un capteur décelant les oscillations du résonateur soit acoustiquement, soit par le champ radioélectrique. Le résultat de la mesure, c'est-à-dire l'erreur de marche, ou encore la marche, est affiché, le plus souvent sous forme digitale, en secondes par jour.

Ces appareils sont donc conçus sur la base d'un fréquencemètre comparant le signal capté à un oscillateur de référence et effectuent la conversion permettant de passer de l'erreur de fréquence à la marche en secondes par jour.

L'inconvénient majeur de ce genre d'appareil est sa complexité, et donc son prix.

La présente invention a pour but de fournir un moyen de contrôle de la marche des pièces d'horlogerie électroniques faisant usage d'un système de mesure extrêmement simple, ne demandant aucun réglage de la part de l'utilisateur, et d'un coût très bas.

Le procédé de mesure suivant l'invention est caractérisé par le fait qu'on utilise la fréquence centrale d'un filtre passif à quartz comme fréquence de référence, on achemine un signal d'entrée fourni par ladite pièce d'horlogerie sur ledit filtre passif, compare en phase le signal de sortie dudit filtre passif au signal d'entrée fourni par ladite pièce d'horlogerie, et applique à un instrument de lecture directement gradué en unités de marche ou en écarts de fréquence la tension ou le courant résultant de ladite comparaison de phase.

L'appareil de mesure suivant l'invention est caractérisé par le fait qu'il comprend un filtre passif à quartz fournissant une fréquence de référence, au moins un capteur prélevant, sur la pièce d'horlogerie dont on mesure la marche ou l'écart de fréquence, un signal d'entrée, un circuit apte à effectuer la comparaison en phase du signal de sortie du filtre passif à quartz avec ledit signal d'entrée, et un instrument de lecture directement gradué en unités de marche ou en écarts de fréquence auquel est appliqué la tension ou le courant fourni par ledit circuit de comparaison de phase.

Il est à remarquer que l'on connaît, pour la mesure de la marche des montres mécaniques, mais non pas des montres électroniques, des appareils utilisant le bruit de l'échappement, après amplification, pour synchroniser un balancier de référence dont la perte d'amplitude est une mesure de l'écart de fréquence. Il n'y a donc pas de mesure de phase comme dans la présente disposition. De plus, dans ces solutions connues, on n'obtient pas le signe de l'écart, de sorte qu'il faut effectuer une mesure complémentaire pour le connaître.

Le dessin représente, à titre d'exemple, une forme d'exécution de l'objet de l'invention.

La fig. 1 est un schéma-bloc indiquant le principe de la mesure.

La fig. 2 est un schéma simplifié du circuit de mesure.

La fig. 3 illustre la variation d'amplitude et de phase se produisant au voisinage de la résonance d'un quartz.

La fig. 4 est un schéma de l'ensemble d'une forme d'exécution de l'appareil de mesure.

La fig. 5 montre les signaux obtenus lorsque la fréquence à mesurer est trop élevée.

La fig. 6 montre les signaux obtenus pour une fréquence trop faible.

La fig. 7 indique la graduation de l'instrument de lecture de l'appareil de mesure, et

la fig. 8 illustre le principe de l'écrêtage et du contrôle du niveau de réception.

La présente invention est basée sur le fait que la fréquence d'une pièce d'horlogerie à quartz ne varie, dans la pratique, que très faiblement, la plage de réglage étant au plus de quelques secondes par jour. On peut donc se limiter à faire la mesure dans un domaine de quelques dizaines de millièmes autour de la fréquence nominale.

La fig. 1 montre le principe de la mesure: un signal d'entrée U_a , capté sur la pièce d'horlogerie à contrôler à l'aide d'un capteur piézo-électrique C_a , inductif ou capacitif, par exemple, est tout d'abord amplifié par un circuit A dont la bande passante est limitée au voisinage de la fréquence à mesurer par un filtre passe-bande B, de manière à éliminer les signaux perturbateurs. Il est alors acheminé, d'une part, sur un atténuateur résistif R, d'autre part, sur un filtre à quartz F, l'ensemble constituant un pont dont les sorties sont déphasées l'une par rapport à l'autre lorsque la fréquence du signal d'entrée diffère de la fréquence centrale f_0 du filtre F.

Un circuit-phasemètre ϕ convertit l'écart de phase en un courant ou une tension qui est transmis à un instrument de lecture I.

Le pont de phase formé par l'atténuateur R et le filtre F est représenté à la fig. 2a. Le quartz Qu, dont le schéma équivalent est donné à la fig. 2b, travaille très près de sa résonance série. En première approximation, on peut négliger la capacité statique C_0 , de sorte que l'on peut ne considérer que la branche série formée d'une résistance R_1 , d'un condensateur C_1 et d'une inductance L_1 . On voit que, dans le pont de phase, le quartz Qu est en série avec une résistance R_s , qui permet d'ajuster la largeur de bande du filtre, et avec une résistance de mesure R_m aux bornes de laquelle est prélevé le signal de sortie. L'ensemble de cette branche du pont est représenté à la fig. 2c. La somme des résistances R_1 , R_s et R_m est appelée ci-après R.

Le circuit de la fig. 2c a une impédance donnée par la formule suivante:

$$Z = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \quad (1)$$

A la résonance, $\omega L = \frac{1}{\omega C}$, d'où la fréquence de résonance:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2)$$

Le facteur de qualité Q de l'ensemble est défini comme étant:

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC} \quad (3)$$

On peut donc calculer la grandeur et la phase de Z:

$$\bar{Z} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \quad (4)$$

$$\text{et } \text{tg } \phi = \frac{\omega L}{R} - \frac{1}{\omega RC} \quad (5)$$

La relation (3) permet d'écrire:

$$\omega L = QR \frac{\omega}{\omega_0} \text{ et } \frac{1}{\omega C} = QR \frac{\omega_0}{\omega}$$

d'où:

$$\bar{Z}^2 = R^2 \left[1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 \right]$$

$$\text{et } \text{tg } \phi = Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)$$

En posant $\Delta\omega = \omega - \omega_0$ et en constatant que $\Delta\omega \ll \omega$, cette dernière expression devient:

$$\text{tg } \phi = 2Q \frac{\Delta\omega}{\omega} \quad (6)$$

$$\text{et } \bar{Z}^2 = R^2 (1 + \text{tg}^2 \phi) \quad (7)$$

Il y a intérêt à ce que le signal sur R_m ne varie pas trop dans le domaine de mesure. En outre, la présence d'une résonance parallèle due à C_0 fait que la courbe de réponse du quartz devient asymétrique lorsque ϕ est proche de 90° . Il conviendra donc de se limiter à un domaine de 30° à 60° pour ϕ .

En résonance série, $\phi = 0$, d'où $\text{tg } \phi = 0$. Il en résulte que $Z = R$.

Lorsque $\phi = 45^\circ$, $\text{tg } \phi = 1$ et $\bar{Z} = R\sqrt{2}$

Lorsque $\phi = 60^\circ$, $\text{tg } \phi = \sqrt{3}$ et $\bar{Z} = 2R$

La variation d'amplitude et de phase du signal sur R_m est indiquée à la fig. 3.

A titre d'exemple, sera considéré un cas pratique avec un quartz Qu dont $f_0 = 32768$ Hz, $Q = 100000$ et $C_1 = 4 \cdot 10^{-15}$ F.

Une échelle de lecture de ± 5 s/j pour une variation de phase de $\pm 45^\circ$ est choisie.

Des paramètres du quartz est tiré $R_1 = 12,1$ k Ω .

La gamme de fréquence vaut

$$\frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{5}{86400} = 57,87 \cdot 10^{-6}$$

La relation (6) permet de calculer le facteur de qualité global désiré:

$$Q = \frac{\text{tg } \phi}{2 \frac{\Delta\omega}{\omega}} = \frac{10^6}{2 \cdot 57,87} = 8640$$

d'où:

$$R = \frac{1}{\omega QC} = 140,5 \text{ k}\Omega$$

Il faudra donc choisir $R_m + R_s = R - R_1 = 128,4$ k Ω .

Avec ces valeurs, l'amplitude varie de moins de 30% dans la plage de mesure.

Comme le montre la fig. 4, qui illustre, sous la forme d'un schéma plus détaillé, une forme d'exécution possible du présent appareil, les signaux issus du pont de phase sont mis sous forme de tension rectangulaire en C et attaquent les entrées set et reset d'un flip-flop F-F. L'un des deux signaux est inversé, de manière que le rapport cyclique du signal de sortie du flip-flop soit de 0,5 lorsque $\phi = 0$. Dans ces conditions, un instrument de mesure I placé entre les sorties directe et inverse du flip-flop indique 0. Si la fréquence du signal d'entrée est trop élevée, on obtient les signaux représentés à la fig. 5, tandis que, si la fréquence d'entrée est trop basse, les signaux prennent l'allure représentée à la fig. 6.

En pratique, un petit condensateur variable (trimmer) est branché en série avec le quartz pour permettre d'ajuster la fréquence de référence.

Par rapport aux systèmes de mesure utilisant un oscillateur de comparaison, le présent appareil est passif et le quartz n'oscille que pendant la mesure, ce qui favorise un faible vieillissement et une bonne stabilité à long terme. De plus, l'ensemble est très simple et peu coûteux.

Il faut noter, en se référant à l'équation 6, que la déviation de l'appareil n'est pas linéaire en fonction de l'écart de fréquence, mais est une fonction en arc tangente. Il s'ensuit que la graduation de l'appareil, représentée à la fig. 7, est étalée au voisinage du zéro, ce qui favorise le réglage précis des pièces d'horlogerie à contrôler.

En vue de simplifier l'utilisation de l'appareil, l'amplificateur transmettant le signal du capteur au pont de phase comporte au moins un étage écrêteur, dont le circuit est représenté à la fig. 8a, muni d'un filtre LC et polarisé de manière que la tension collecteur d'un transistor T soit proche de la saturation. Lorsqu'un signal suffisant est appliqué à l'entrée de cet étage, la diode constituée par la jonction base-émetteur du transistor joue le rôle de redresseur, d'où polarisation en blocage du transistor et élévation progressive de la tension continue au collecteur. La tension continue prélevée au point C est utilisée pour allumer une lampe témoin L (fig. 4) indiquant que le niveau de mesure est suffisant.

L'évolution de la tension au point C en fonction du signal d'entrée U_a est représentée en 8b, tandis que 8c montre la variation du signal amplifié U_b en fonction de l'amplitude d'entrée. La comparaison des deux courbes met en évidence les qualités de limitation d'un tel étage.

Des modifications peuvent être apportées au schéma de la fig. 4 pour obtenir certaines performances. En particulier, le contrôle de pièces d'horlogerie analogiques ayant un moteur pas à pas peut présenter des difficultés, les impulsions de commande du moteur pouvant brouiller sérieusement le signal de l'oscillateur. Dans ce cas, on peut introduire une boucle à asservissement de

phase (PLL) dans l'amplificateur, en vue d'améliorer le rejet des signaux parasites.

L'emploi du présent appareil n'est pas limité à la mesure de la marche des montres, mais peut s'étendre au contrôle de tout instrument horaire ayant une base de temps à quartz, telles les pendulettes, minuterie électronique, etc.

Toutefois, il existe diverses fréquences auxquelles travaillent ces instruments horaires, par exemple 32'768, 786'432, 4'194'304, etc. Il y aura donc avantage à inclure dans le présent appareil plusieurs filtres à quartz commutables, chacun étant constitué d'un quartz, du trimmer et de la résistance R_s convenable.

Cependant, la comparaison de phase à des fréquences élevées peut poser certains problèmes, et il peut être préférable de pouvoir connecter à l'entrée de l'appareil plusieurs capteurs contenant chacun un convertisseur de fréquence ramenant tout signal à la fréquence choisie pour le filtre.

Par exemple, si le filtre est prévu pour la fréquence de 32'768 Hz, le capteur 786'432 Hz contiendra un diviseur par 24, tandis que celui destiné à la fréquence de 4'194'304 sera muni d'un diviseur par 128.

Le fait de disposer de capteurs interchangeables permet aussi d'adapter l'appareil au mode de détection le plus favorable. En effet, la détection piézo-électrique est très commode pour permettre de contrôler des montres sans avoir à ouvrir leur boîte, tandis que le contrôle par détection du signal radioélectrique est préférable pour le réglage de modules ouverts, puisqu'il n'est pas sensible aux bruits produits par la manipulation.

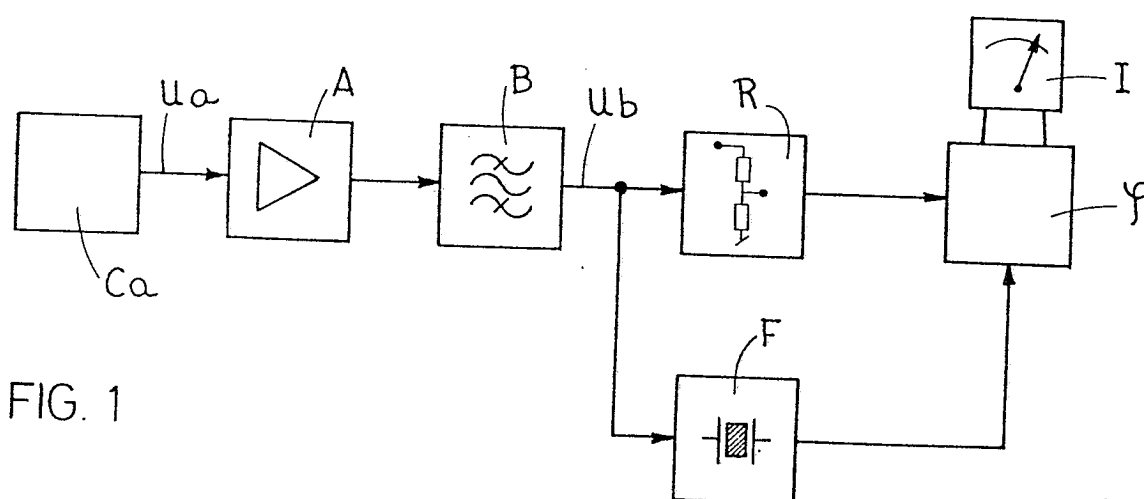
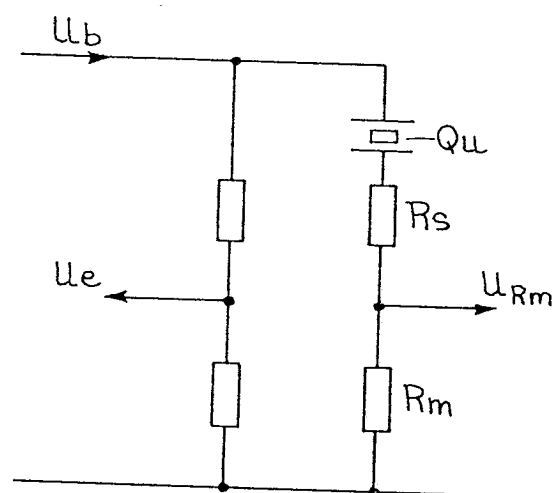
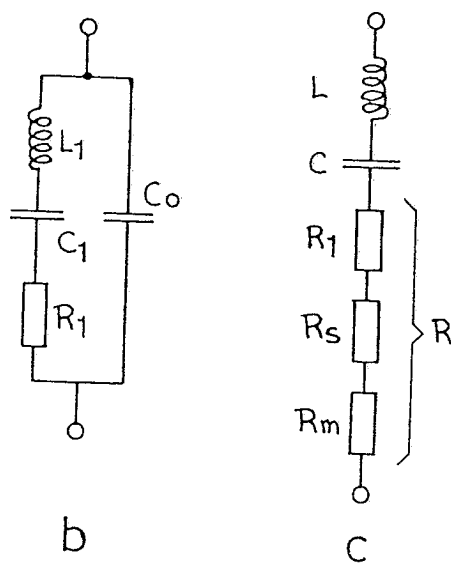


FIG. 1



a



b

c

FIG. 2

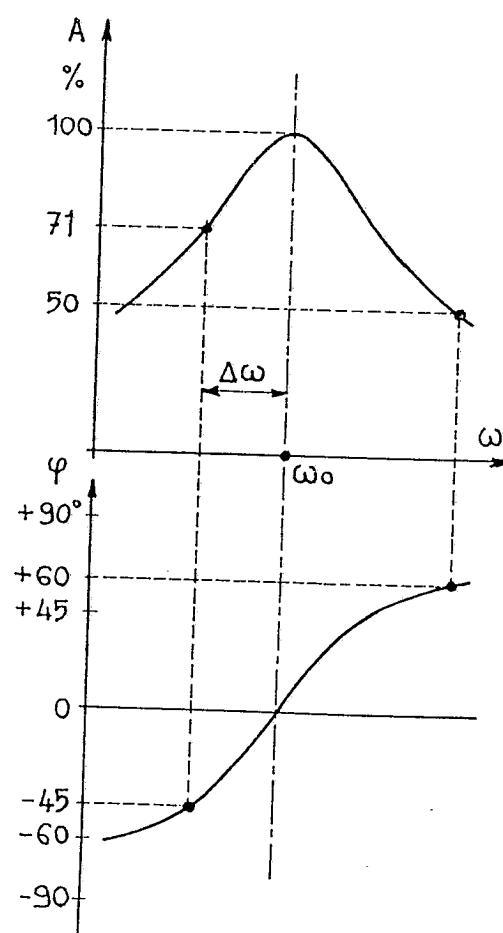


FIG. 3

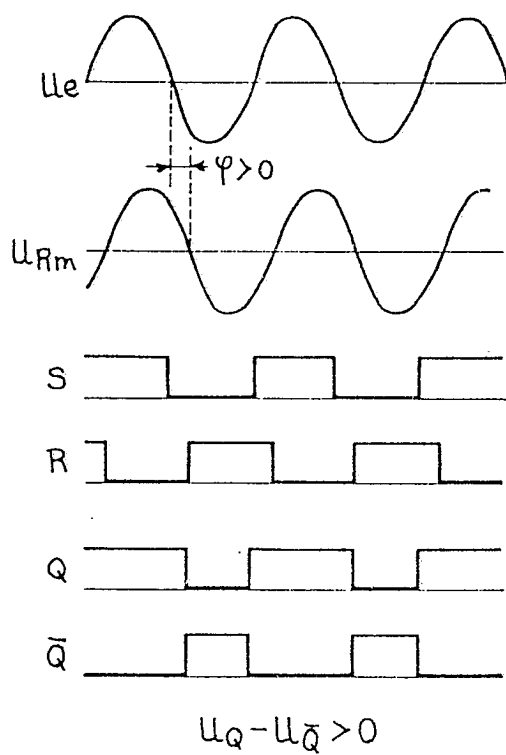
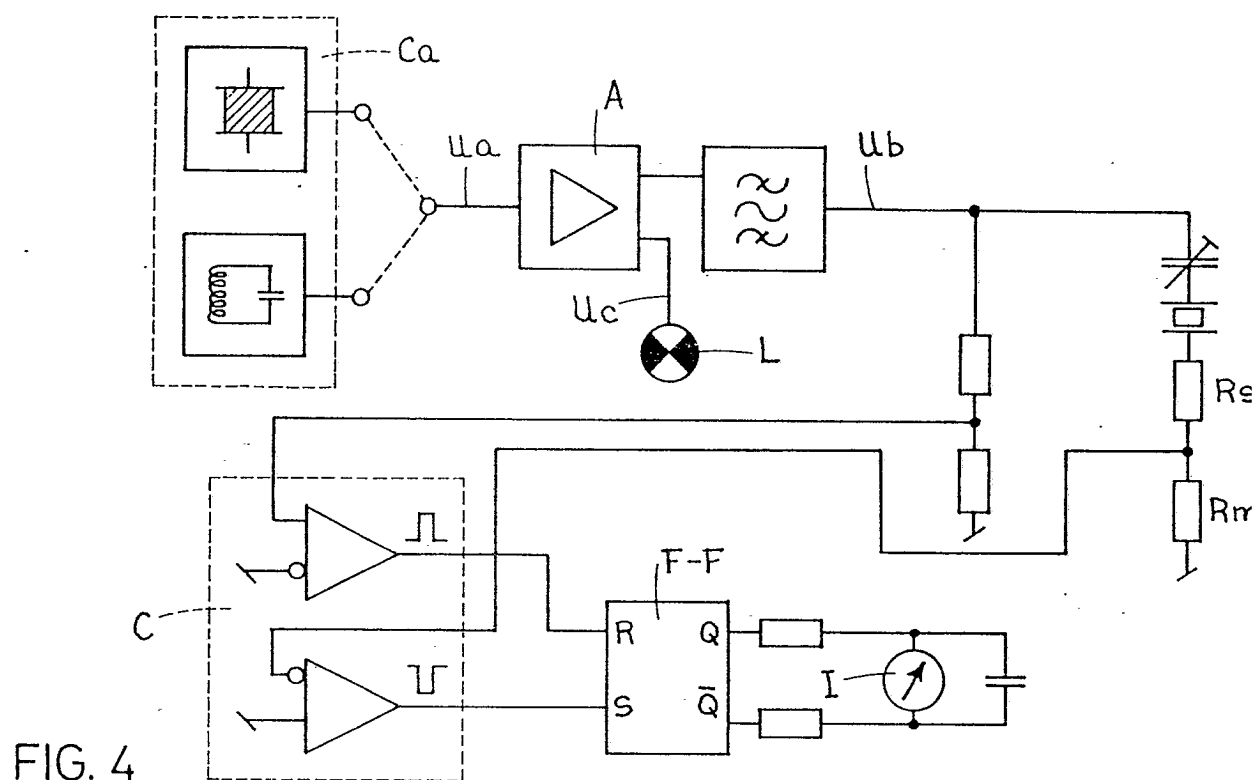


FIG. 5

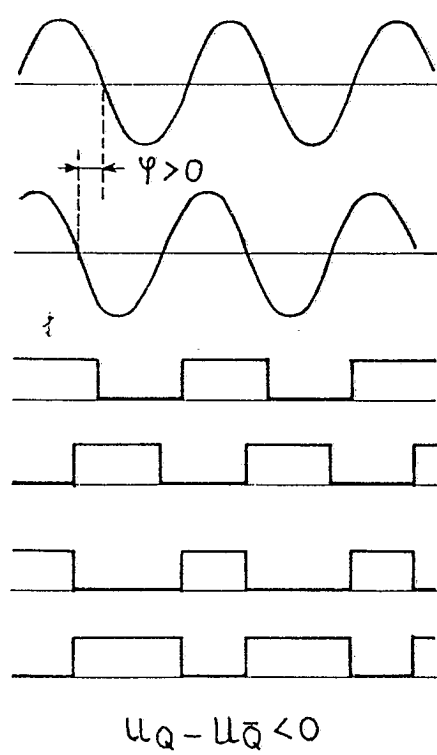


FIG. 6

