

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

2 459 979

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 14131**

(54) Procédé et circuit pour la mesure numérique de grandeurs de mesure analogiques.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 01 R 19/25; G 01 B 17/02; G 01 N 29/04;  
G 01 S 15/02.

(22) Date de dépôt..... 25 juin 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : RFA, 25 juin 1979, n° P 29 25 522.9.

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 3 du 16-1-1981.

(71) Déposant : Société dite : KRAUTKRAMER GMBH, résidant en RFA.

(72) Invention de : Ulrich Opara.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud,  
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

Procédé et circuit pour la mesure numérique de grandeurs de mesure analogiques.

L'invention concerne un procédé et un circuit pour la mesure numérique de grandeurs de mesure analogiques, la 5 grandeur de mesure sous forme numérique étant déterminée en formant des intervalles de temps successifs et en mesurant le nombre d'impulsions (fréquence des impulsions), d'un générateur de cadence de fréquence élevée qui apparaissent respectivement dans un intervalle de temps. L'invention 10 concerne en outre l'utilisation de ce procédé pour la mesure de l'épaisseur d'une paroi à l'aide de la méthode par écho d'impulsions ultrasonores.

On connaît un procédé et des circuits du type mentionné, par exemple d'après la demande de brevet allemand 15 publiée sous le n° 26 25 162. Dans ce cas, pour une même grandeur de mesure, il faut les fréquences d'impulsions de plusieurs intervalles de temps pour déterminer la valeur moyenne de la grandeur de mesure. Etant donné que le nombre d'intervalles de temps R utilisés pour former la valeur 20 moyenne est supérieur à 400, la valeur de mesure doit être présente pendant un temps relativement long. D'autre part, il faut un temps relativement long pour obtenir un affichage de la valeur de mesure. Par conséquent, des variations dynamiques rapides d'une grandeur de mesure ne peuvent pas 25 être détectées.

La présente invention se propose de fournir un procédé de mesure du type mentionné ci-dessus dans lequel n'apparaissent pas les inconvénients du procédé connu, et dans lequel donc la grandeur de mesure peut être déterminée 30 rapidement et de façon précise.

Ce problème est résolu suivant l'invention grâce au fait qu'à la fin de chaque intervalle de temps est affichée une valeur  $A_i, A_{i+1}, \dots$  qui est donnée par la relation suivante

$$A_{i+1} = A_i + \left( N_{i+1} - \frac{A_i}{c} \right) ;$$

$N_{i+1}$  étant le nombre d'impulsions, fluctuant autour d'une valeur moyenne, du  $(i+1)$ ième intervalle de temps, et  $c$  étant une constante  $> 1$  qui satisfait à la relation

5  $c > \left( \frac{\text{Précision de la valeur de mesure mesurée pendant un intervalle de temps}}{\text{Précision souhaitée de la valeur de mesure à déterminer.}} \right)^2$

La présente invention est donc basée sur le fait que l'affichage de la valeur de mesure se fait non pas seulement, comme dans le procédé connu, une fois qu'on a déterminé les 10 fréquences d'impulsions d'un nombre prédéterminé d'intervalles de temps, mais qu'à la fin de chaque intervalle de temps est déjà affichée une valeur qui est donnée par la relation :

$$A_{i+1} = A_i + \left( N_{i+1} - \frac{A_i}{c} \right) \quad (1)$$

15  $N_{i+1}$  étant le nombre d'impulsions, fluctuant autour d'une valeur moyenne, du  $(i+1)$ ième intervalle de temps, et  $c$  étant une constante  $> 1$  satisfaisant à la relation :

c >  $\left( \frac{\text{Précision de la valeur de mesure mesurée pendant un intervalle de temps}}{\text{Précision souhaitée de la valeur de mesure à déterminer.}} \right)^2$

20 Ce procédé peut être utilisé de façon particulièrement avantageuse lorsque les intervalles de temps sont choisis relativement courts par rapport à la fréquence de cadence. A vrai dire les premières valeurs de mesure affichées  $A_1, A_2 \dots$  sont des approximations relativement peu précises 25 de la grandeur de mesure, mais l'observateur a tout de suite une vue d'ensemble de l'ordre de grandeur de la grandeur de mesure. Plus la grandeur de mesure se présente longtemps, plus la valeur de mesure affichée est précise, étant donné qu'on tient compte des valeurs de mesure précédentes lors de 30 chaque nouvelle détermination de la valeur moyenne. La personne qui effectue la mesure peut donc déterminer lui-même dans une large mesure avec quelle précision il souhaite déterminer la grandeur de mesure. Après  $c$  mesures il obtient alors une valeur de mesure qui correspond à celle obtenue avec le 35 procédé courant de détermination de la valeur moyenne (voir également la demande de brevet allemand publiée sous le

n° 26 25 162 citée ci-dessus).

La constante c correspond à une constante d'amortissement, comme on le voit en mettant l'équation (1) sous la forme :

$$5 \quad \Delta A_i = A_{i+1} - A_i = N_{i+1} - \frac{A_i}{c}$$

ce qui donne approximativement :

$$\frac{dA}{dt} + \frac{1}{c} A = \dot{N}$$

dont la solution est :

$$10 \quad A = C \cdot \dot{N} \left( 1 - e^{-\frac{(t-t_0)}{c}} \right)$$

La valeur de mesure affichée A se rapproche donc exponentiellement du résultat correct, comme dans le cas 15 d'un galvanomètre (électronique). L'amortissement est préterminé par le choix de c.

La présente invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante d'un mode de réalisation préféré mais non limitatif représenté au dessin annexé sur lequel :

- 20 - la figure 1 est un schéma de blocs d'un circuit pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'invention ;  
 - la figure 2 est un schéma de blocs d'un appareil de mesure par ultrasons de l'épaisseur d'une paroi dans lequel est utilisé le circuit de la figure 1 ;  
 25 - la figure 3 représente l'allure dans le temps de la valeur  $A_i$  d'épaisseur de paroi affichée par l'appareil de la figure 2.

Le circuit représenté sur la figure 1, qui peut être utilisé par exemple pour la mesure de fréquences, comporte 30 un dispositif d'affichage 1, un compteur réversible 2, une mémoire intermédiaire 3 et un diviseur 4. Le traitement des fréquences d'impulsions qui arrivent s'effectue au rythme d'un circuit de cadence non représenté. Pendant une première période de cadence la nouvelle fréquence d'impulsions qui 35 arrive  $N_{i+1}$  est enregistrée dans le compteur réversible 2 de sorte que ce compteur contient la valeur numérique  $A_i + N_{i+1}$ . Pendant une deuxième période de cadence cette

valeur est corrigée du fait que la valeur  $A_i/c$  est lue à partir de la mémoire du diviseur 4 et provoque un décomptage dans le compteur 2. Pendant une troisième période de cadence, la valeur  $A_{i+1} = A_i + N_{i+1} - A_i/c$  est lue dans le compteur 2 5 et est appliquée aussi bien au dispositif d'affichage 1 qu'au diviseur 4, par l'intermédiaire de la mémoire intermédiaire 3. Ensuite la valeur suivante  $N_{i+2}$  peut être introduite dans le compteur 2.

La constante c, par laquelle est divisée chaque 10 valeur qui arrive dans le diviseur 4, correspond, comme déjà indiqué, à une constante d'amortissement. Plus sa valeur est importante, plus les valeurs respectivement affichées  $A_i$ ,  $A_{i+1}$ , ... convergent lentement vers la grandeur de mesure réelle. Par conséquent, en général on choisit c de manière 15 que l'erreur statistique de la valeur de mesure dont la valeur moyenne est calculée suivant l'équation (1) soit plus faible que la précision souhaitée, et que la période de temps jusqu'à l'affichage de cette valeur de mesure soit maintenue aussi faible que possible.

20 Etant donné qu'avec les diviseurs courants il n'est pas possible d'obtenir, avec une dépense en moyens techniques justifiable, l'expression  $A_i/c$  avec une précision arbitraire, en pratique on part fréquemment de l'expression  $\frac{1}{10^n} \text{Int } 10^n \frac{A_i}{c}$ . L'expression  $\text{Int } 10^n \frac{A_i}{c}$  désigne la partie entière du 25 quotient  $A0^n \frac{A_i}{c}$ , n étant choisi de manière à tenir compte du nombre de chiffres derrière la virgule de l'expression  $A_i/c$  dans la moyenne statistique.

Le nouveau procédé s'est révélé particulièrement 30 avantageux dans l'appareil de mesure par ultrasons de l'épaisseur d'une paroi suivant la figure 2. Les éléments qui sont également représentés sur la figure 1 sont désignés par les mêmes références. Dans ce cas, non seulement la constante c a le rôle d'une constante d'amortissement, mais elle est également choisie de manière à être proportionnelle 35 à la vitesse acoustique v de l'échantillon 6. On obtient de ce fait que l'affichage, en cas d'équilibre  $A_i = A_{i+1}$ , est

indépendant de la célérité ou vitesse acoustique. On a alors dans ce cas, suivant l'équation (1) :  $A_i \sim vN_i$  et pour  $N_i$  on a de façon générale  $N_i = 2 df/v$ ,  $d$  étant l'épaisseur de l'échantillon et  $f$  la fréquence de cadence du générateur de 5 cadence désigné par la référence 12 sur la figure 2, de sorte que  $A_i \sim 2df$ , et par conséquent est indépendant de  $v$ . Si on change le matériau soumis à l'essai (par exemple Al au lieu de Fe), il suffit de régler une valeur de  $c$  correspondant à 10 l'échantillon, par exemple à l'aide d'un commutateur à gradins 5. Par conséquent, le circuit supplémentaire prévu dans la demande de brevet allemand publiée sous le n° 26 25 162 pour déterminer le nombre d'intervalles de temps n'a plus lieu d'être.

La partie de l'appareil de mesure de l'épaisseur 15 comportant le générateur d'impulsions 7, la tête d'essai 8, le récepteur 9, ainsi que le générateur de fréquence 10 des trains d'impulsions, la bascule 11, le générateur de cadence 12 et la porte ET 13, est par contre prévue également dans l'appareil de mesure par ultrasons de l'épaisseur d'une 20 paroi suivant la demande de brevet allemand publiée sous le n° 26 25 162, et il n'est par conséquent pas besoin de la décrire ici.

La figure 3 représente l'allure dans le temps des épaisseurs affichées par un appareil de mesure de l'épaisseur 25 d'une paroi tel que représenté sur la figure 2 (courbe a). La fréquence du générateur de cadence 12 est égale à 5 MHz, tandis que la fréquence avec laquelle les intervalles de temps sont répétés est égale à 2,5 kHz. Dans le cas de l'échantillon 6, il s'agit d'une plaque d'acier de 6 mm 30 d'épaisseur ( $v = 5920 \text{ m/s}$ ). Etant donné que la précision de la valeur de mesure déterminée dans un intervalle de temps est égale à environ  $\pm 0,3 \text{ mm}$ , et que la précision souhaitée doit être égale à au moins  $\pm 0,1 \text{ mm}$ , on doit avoir  $c > 9$ . En raison de l'exigence  $c \sim v$ , on choisira par exemple 35  $c = \frac{592}{10} \approx 60$ . Le processus d'établissement de la moyenne se déroule alors sur approximativement 60 intervalles de temps et on obtient une précision  $< 0,1 \text{ mm}$  pour l'épaisseur de

paroi. Lors de l'équilibre on a alors la relation  $A_i = 100.d$ .

Alors qu'avec un appareil de mesure comparable, suivant la demande de brevet allemand mentionnée ci-dessus, on obtient un affichage (courbe b) après 0,25 à 0,5 s (cela 5 dépend de la position dans le temps du point d'application de la tête d'essai au début du premier intervalle complet d'établissement de la moyenne), lors de l'utilisation de la présente invention l'observateur obtient déjà après 0,05 s une valeur qui coïncide déjà relativement bien avec la grandeur 10 de mesure.

Naturellement l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits, mais elle concerne également d'autres possibilités d'application qui sont faciles à concevoir pour l'homme de l'art, telle que l'utilisation du 15 procédé suivant l'invention pour des mesures de tensions et de courants. L'invention couvre également notamment des formes de réalisation dans lesquelles l'équation (1) est traitée par des microprocesseurs.

Comme il va de soi et comme il résulte d'ailleurs 20 déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à celui de ses modes d'application, non plus qu'à ceux des modes de réalisation de ses diverses parties, ayant été plus particulièrement envisagés ; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes.

## REVENDICATIONS

1. Procédé pour la mesure numérique de grandeurs de mesure analogiques, la grandeur de mesure sous forme numérique étant déterminée en formant des intervalles de temps successifs 5 et en mesurant le nombre d'impulsions, d'un générateur de cadence de fréquence élevée qui apparaissent respectivement dans un intervalle de temps, caractérisé en ce qu'à la fin de chaque intervalle de temps est affichée une valeur  $A_i, A_{i+1}, \dots$  qui est donnée par la relation suivante

10

$$A_{i+1} = A_i + \left( N_{i+1} - \frac{A_i}{c} \right) ;$$

$N_{i+1}$  étant le nombre d'impulsions, fluctuant autour d'une valeur moyenne, du  $(i+1)$ ième intervalle de temps, et c étant une constante  $> 1$  qui satisfait à la relation

15

$$c > \left( \frac{\text{Précision de la valeur de mesure mesurée pendant un intervalle de temps}}{\text{Précision souhaitée de la valeur de mesure à déterminer.}} \right)^2$$

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lors de la mesure du temps de propagation d'impulsions ultrasonores la constante c est choisie de manière que sa valeur numérique soit proportionnelle à la célérité ou vitesse acoustique de l'échantillon (6).

3. Application du procédé suivant la revendication 2 lors de l'essai non destructif de matériaux suivant la méthode 25 par écho d'impulsions, notamment pour la détermination des dimensions géométriques de l'échantillon (6).

4. Circuit pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comporte un compteur réversible (2), un dispositif d'affichage 30 (1) relié à ce compteur, une mémoire intermédiaire (3) et un diviseur (4).

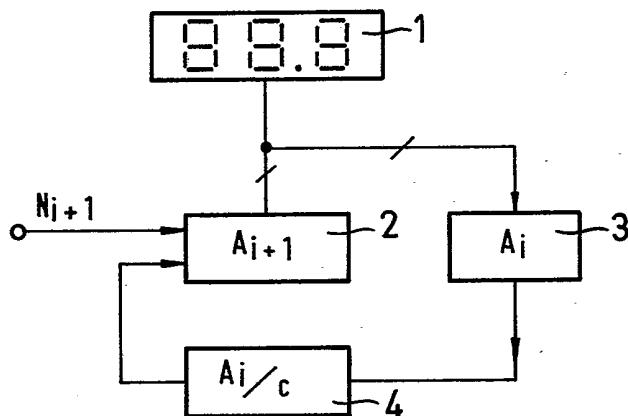


FIG. 1

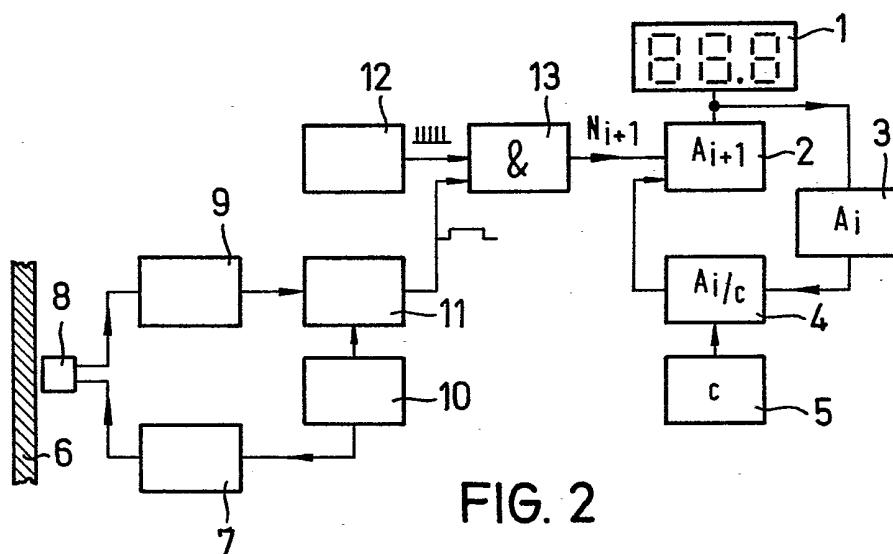


FIG. 2

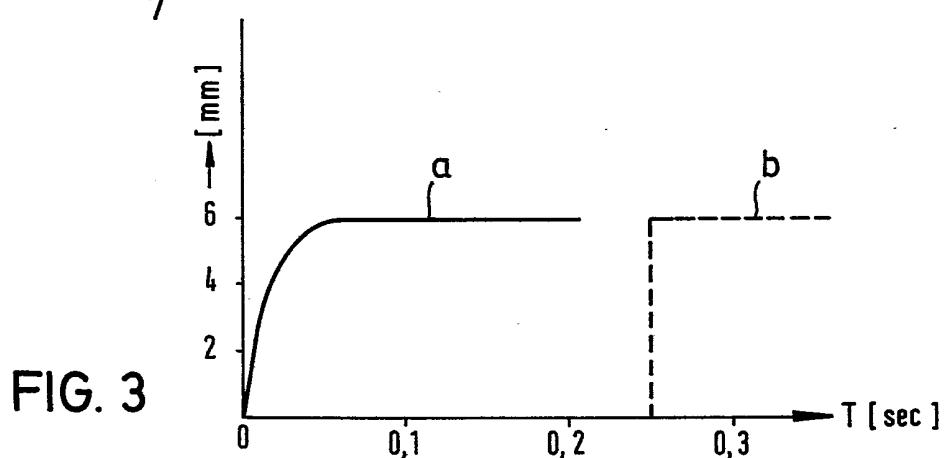


FIG. 3