RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 498 756**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

# DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) N° **81 19828**

(54) **Procédé et montage pour compenser des balourds de corps tournants.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). **G 01 M 1/34; F 16 F 15/32.**

(22) Date de dépôt ..... 22 octobre 1981.

(3) (32) (31) Priorité revendiquée : *RFA, 29 janvier 1981, n° P 31 02 963.9, au nom de la demanderesse.*

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 30 du 30-7-1982.

(71) Déposant : Société dite : GEBR. HOFMANN GMBH & CO KG MASCHINENFABRIK, résidant en RFA.

(72) Invention de : Jésus Varona.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Flechner,
63, av. des Champs-Elysées, 75008 Paris.

L'invention est relative à un procédé pour compenser des balourds, dans au moins deux plans, de corps tournants qui ne permettent une telle compensation que dans des plans de correction déterminés à l'avance par construction et dans certaines limites angulaires, en effectuant deux passes d'équilibrage (prééquilibrage et rééquilibrage) dans des plans de correction décalés l'un par rapport à l'autre suivant l'axe, et à un montage pour déterminer en composantes et/ou en plans de correction, les montants des valeurs du balourd initial obtenus d'un circuit de séparation des plans et d'un filtre, en vue de commander les outils de correction pour effectuer un procédé suivant l'invention.

Le brevet allemand 2 342 665 décrit un procédé pour éliminer les balourds de corps suivant lequel on effectue, pour des composantes décalées de 120°, une compensation en deux passes d'équilibrage, les composantes de la seconde passe étant décalées de 60° par rapport à celles de la première passe. Si le balourd initial d'une composante est supérieur à la valeur maximale du balourd pouvant être corrigée suivant cette composante, on effectue une moindre correction du balourd suivant la composante décalée de 120°.

Le procédé connu par ce brevet ne peut pas être appliqué tel quel à la compensation du balourd de corps tournants qui n'admettent une compensation du balourd que dans certains plans de correction et que dans certains angles déterminés à l'avance par construction, d'autant plus que ce procédé ne peut être utilisé que pour une compensation en composantes à 120°.

Le brevet allemand 2 519 356 décrit la résolution des balourds mesurés du corps tournant, notamment d'un vilebrequin, en plans de correction donnés à l'avance par construction et en plans médians supplémentaires.

Quand on compense le balourd, notamment de vilebrequins ayant des flasques opposés les uns aux autres dans les plans de correction, comme par exemple dans les moteurs en V à 2 à 6 cylindres ou dans des corps tournants semblables qui

sont normalement munis, afin de permettre la correction des masses, de masses provisoires constituant un balourd déterminé dans des éléments donnés à l'avance par construction, par exemple dans les flasques de vilebrequins, la seconde passe d'équilibrage de balourds, d'une valeur supérieure à la valeur maximale pouvant être compensée en un seul plan, ne peut pas s'effectuer dans les premiers plans de correction parce que la construction du rotor ne le permet pas. Dans ces cas, les balourds résiduels doivent être corrigés dans les autres plans de correction, ce qui a pour conséquence que les plans déjà compensés sont tellement influencés que, comme l'expérience le montre, leurs balourds se trouvent dans des limites angulaires où une correction n'est plus possible. Ces corps tournants ne peuvent plus être corrigés et doivent être mis au rebut.

Dans le cas d'une compensation en composantes d'un balourd de valeur supérieure à celle maximale qui peut être compensée suivant une composante, le balourd résiduel peut se trouver dans des limites angulaires où sa correction n'est plus possible. Ce décalage angulaire du balourd résiduel est presque inévitable en raison des imprécisions lors de la saisie des données et de leur traitement et lors de la correction du balourd. Ces corps tournants aussi doivent être mis au rebut, puisque l'on ne peut plus les rééquilibrer.

La présente invention vise un procédé permettant de corriger les balourds de corps tournants, suivant lequel, même si les balourds initiaux sont grands, les balourds, restant après le prééquilibrage, sont situés dans les limites angulaires où leur compensation est encore possible.

Suivant l'invention, si la valeur du balourd initial déterminé pour un plan de correction est supérieure au balourd maximum pouvant être compensé dans ce plan, on effectue, lors de la première passe d'équilibrage (prééquilibrage), une compensation moindre de masse dans un autre plan

grâce à laquelle le balourd résiduel reste dans les limites angulaires prévues pour la correction des masses dans l'un des plans de correction, et on compense ce balourd résiduel lors de la seconde passe d'équilibrage.

Suivant une variante, si la valeur d'un balourd initial déterminée pour une composante est supérieure au balourd maximum pouvant être compensé dans cette composante, on effectue, lors de la première passe d'équilibrage, une compensation moindre de masse dans la seconde composante du même plan de correction, grâce à quoi le balourd résiduel reste dans les limites angulaires prévues pour la correction, ces limites permettant une résolution du balourd résiduel en les composantes de correction prévues.

L'invention vise aussi un montage du type mentionné ci-dessus, caractérisé en ce que les valeurs des balourds initiaux sont comparées dans des comparateurs associés aux composantes et/ou aux plans à la valeur du balourd pouvant être compensée en une composante et/ou en un plan lors d'une passe de correction, et les résultats de la comparaison ou des valeurs qui leur sont proportionnelles sont soustraites des valeurs des balourds initiaux par des circuits de soustraction associés aux composantes et/ou aux plans de correction.

De préférence :

- la sortie d'un comparateur associé à la première composante du premier plan de correction est reliée aux entrées des soustracteurs associés à la seconde composante du premier plan de correction et à la première composante du second plan de correction.
- la sortie d'un comparateur associé à la seconde composante du premier plan de correction est reliée aux entrées des soustracteurs associés à la première composante du premier plan de correction et à la seconde composante du second plan de correction.
- la sortie d'un comparateur associé à la première composante du second plan de correction est reliée aux en-

trées des soustracteurs associés à la première composante du premier plan de correction et à la seconde composante du second plan de correction.

- la sortie d'un comparateur associé à la seconde composante du second plan de correction est reliée aux entrées des soustracteurs associés à la seconde composante du premier plan de correction et à la première composante du second plan de correction.

- des résistances interposées entre les sorties des comparateurs et les entrées des soustracteurs ont des valeurs qui sont fonction du rapport de la distance entre les plans de correction de la première passe d'équilibrage à la distance entre les plans de la seconde passe d'équilibrage.

S'il y a des balourds initiaux supérieurs au balourd maximum pouvant être compensé en une passe d'équilibrage, on est assuré par la compensation moindre, lors de la première passe, dans le plan de correction et/ou de la composante opposé à celui du balourd initial par rapport au plan médian du corps tournant, que le balourd résiduel se trouvera dans des limites angulaires et dans un plan de correction du corps tournant dans lesquels un rééquilibrage est possible.

Grâce à la mise en oeuvre de la composante et du plan de correction opposé, on peut prendre en compte simultanément des balourds excessifs dans les composantes et dans les plans.

D'autres caractéristiques, avantages et particularités de la présente invention ressortiront de la description qui en est donnée ci-après en référence aux dessins annexés.

Sur ces dessins :

- la figure 1 est un schéma d'un corps déséquilibré qui est monté sur une machine d'équilibrage des balourds.

- la figure 2 est un schéma en vue de côté du corps déséquilibré qui est monté sur une machine d'équilibrage des

balourds ;

- les figures 3 et 4 illustrent schématiquement le procédé conforme à l'invention ;
- la figure 5 est un schéma du montage suivant l'invention ;
- la figure 6 est un schéma des plans et régions angulaires du corps déséquilibré où la correction du balourd est possible.

Une équilibreuse, qui n'est pas représentée davantage, est munie d'un porte-pièce 1 destiné à recevoir le corps déséquilibré, donc dans ce cas-là un vilebrequin 2 pour moteurs en V à six cylindres. Ce porte-pièce 1 comprend deux paliers-supports 3 et 4 sur lesquels sont montés, à la manière habituelle, des capteurs d'oscillation 5 et 6. L'entraînement du vilebrequin 2 se fait, par exemple, par un arbre de transmission 7; à cet effet, le vilebrequin est monté rotatif sur les paliers 3 et 4. Mais l'entraînement peut se faire aussi au moyen de roulements à rouleaux entraînés ou par d' autres moyens d'entraînement connus. En raison de sa construction particulière, le vilebrequin ne peut être équilibré que dans certaines limites angulaires et que dans des plans de correction déterminés. En règle générale, les vilebrequins sont munis sur leurs flasques de masses provisoires constituant un balourd déterminé, afin de pouvoir être sûr que le balourd initial se trouve dans les limites angulaires des plans de correction où une correction des masses est possible.

La première passe d'équilibrage s'effectue, de préférence, dans deux plans de correction, c'est-à-dire dans les plans E1 et E2, qui sont symétriques par rapport au plan axial médian du corps tournant. La deuxième passe, donc le rééquilibrage en vue d'éliminer le balourd résiduel, s'effectue dans les plans E3 et E4, qui sont également symétriques par rapport au plan axial médian du corps tournant.

Souvent, dans les vilebrequins, on n'effectue pas de compensation polaire mais une compensation suivant des composantes. C'est pourquoi les balourds des différents

plans de correction sont résolus en composantes: K1 et K2 ou K3 et K4 ou K5 et K6 ou K7 et K8, comme le montre la figure 6. L'angle $\alpha$ formé par les composantes est, de préférence, de 110° (figure 2), mais peut en différer suivant l'agencement du vilebrequin 2.

La correction des masses se fait, par exemple, par perçage ou par fraisage, mais aussi par d'autres méthodes.

Le procédé suivant l'invention consiste à résoudre tout d'abord le balourd déterminé par les capteurs dans deux plans de correction E1 et E2 (voir figure 3 pour laquelle on a $E3 = \frac{E1}{2} + E1 \frac{a}{b}$ et $E4 = \frac{E1}{2} - E1 \frac{a}{b}$), le balourd initial UE1 dans le plan E1 étant, en l'espèce, supérieur au balourd maximum pouvant y être corrigé. Le balourd résiduel UE1R ne peut être corrigé par un rééquilibrage dans les plans E3 et E4 en raison de la construction particulière du vilebrequin. Si ce balourd résiduel UE1R est résolu dans deux plans E3 et E4, on obtient les balourds UE3 et UE4, UE4 se trouvant alors dans les limites angulaires du vilebrequin 2 où une correction n'est pas possible. Comme on ne peut pas compenser le balourd, on devrait normalement mettre le vilebrequin au rebut. Pour éviter cela, on effectue une moindre compensation de masse dans le plan E2 lors de la première passe d'équilibrage. Le balourd à corriger lors de la deuxième passe se trouve ainsi dans le plan E4 dans les limites angulaires du vilebrequin 2 où sa correction est possible, puisque le balourd résiduel UE2R est plus grand que le balourd UE4.

La moindre compensation de masse à éliminer dans le plan E2 représente, de préférence, 20% de la valeur du balourd qui ne peut pas être compensé dans le plan E1. Mais on peut aussi choisir tout autre pourcentage suivant le rapport des distances entre les plans des première et seconde passes, donc le rapport des plans a/b. On est ainsi sûr d'absorber les imprécisions qui se produisent lors de la mesure et de la correction dans la première passe d'équilibrage.

Pour tenir compte du balourd résiduel dans le plan E2, on procède d'une manière analogue au procédé décrit ci-dessus après avoir effectué une moindre compensation de masse dans le plan E1 lors de la première passe d'équilibrage.

Si l'on se reporte à la figure 4 qui se réfère à la correction en composantes dans le plan E1 et dans les limites angulaires W1 (figure 6), on voit que la première composante K1 peut également posséder un balourd initial UK1 qui est supérieur au balourd maximum $U^{+}K1$ pouvant être compensée en une composante. Etant donné que des imprécisions ne peuvent pas être évitées lors de la correction de la seconde composante K2, le balourd résiduel UR peut se trouver parfois dans les limites angulaires où la résolution du balourd en composantes prévues n'est plus possible. Par conséquent, ce vilebrequin serait aussi à rebuter.

On effectue donc, conformément à l'invention, dans la première passe d'équilibrage une moindre compensation de masse $U^{+}K2$ suivant la seconde composante du même plan dans lequel le balourd UK2 doit être corrigé, de sorte qu'il y ait encore le balourd résiduel UK2R après la première passe. La valeur du balourd résiduel UK2R est, de préférence, proportionnelle au balourd résiduel UK1R et en représente, de préférence, 30 %. Grâce au balourd résiduel UK2R restant encore dans la composante K2, on est sûr que le balourd résiduel total UR se trouve dans les limites angulaires où une résolution en les composantes de correction est effectivement possible. Cela s'applique aussi, par analogie, aux limites angulaires W2 à W4 dans les plans de correction E2 à E4 illustrés sur la figure 6.

La figure 5 est un schéma synoptique du montage électrique qui permet la réalisation des divers stades susmentionnés du procédé.

Les valeurs mesurées par l'intermédiaire des capteurs 5 et 6 sont fournies au circuit électrique de sépara-

tion des plans 8,qui résout les balourds en les deux plans de correction E1 et E2. Le filtre 9 qui est monté en aval et qui est, par exemple, un redresseur à commande par phase, sélectionne les valeurs de mesure suivant les oscillations dues au balourd et les achemine à un convertisseur en composantes 10 qui les résout en composantes, lesquelles sont adaptées au vilebrequin 2. Le signal de référence de phase fourni au filtre 9 est déterminé, par exemple, au moyen d'un capteur de phase 35.

Les tensions proportionnelles aux balourds des première et seconde composantes du premier plan de correction et des troisième et quatrième composantes du second plan sont disponibles à la sortie du convertisseur en composantes 10. Ces tensions sont ensuite comparées dans des circuits comparateurs 11 à 14 à d'autres tensions qui correspondent au balourd maximum pouvant être éliminé en une passe d'équilibrage. Si le balourd des composantes est supérieur au balourd maximum pouvant être éliminé, une tension différentielle à polarité de sens opposé est obtenue à la sortie des circuits comparateurs 11 à 14.

La tension différentielle du comparateur 11 est ensuite multipliée par la résistance 21, pour prendre en considération le rapport des plans a/b, et est entrée dans un amplificateur 33. Ladite tension y est soustraite de la composante du plan de correction E2, qui est décalée de 180°. En outre, ladite tension différentielle est multipliée par la résistance 16 et est entrée dans l'amplificateur 32 où elle est soustraite de la seconde composante du plan de correction E1.

Une soustraction analogue se fait avec les tensions différentielles des circuits comparateurs 12, 13 et 14, où la tension différentielle du comparateur 12 est fournie à travers la résistance 15 à l'amplificateur 31 et à travers la résistance 22 à l'amplificateur 34, où la tension différentielle du comparateur 13 est fournie à travers la résistance 19 à l'amplificateur 31 et à travers la résistance

18 à l'amplificateur 34, et où la tension différentielle du comparateur 14 est fournie à travers la résistance 17 à l'amplificateur 33 et à travers la résistance 20 à l'amplificateur 32.

Les résistances 23 à 30 sont de même valeur et prennent en considération la polarité des diverses tensions des composantes.

Les sorties des amplificateurs 31 à 34 servent, de préférence, à commander directement les outils de correction, ou sont fournies d'abord, par exemple, à un circuit de correction des courbes de perçage.

## REVENDICATIONS

1) Procédé pour compenser des balourds, dans au moins deux plans, de corps tournants qui ne permettent une telle compensation que dans des plans de correction déterminés à l'avance par construction (E1, E2 et E3, E4) et dans certaines limites angulaires (W1, W2 et W3, W4), en effectuant deux passes d'équilibrage (prééquilibrage et rééquilibrage) dans des plans de correction décalés l'un par rapport à l'autre suivant l'axe, caractérisé en ce que, si la valeur du balourd initial déterminé pour un plan de correction (E1) est supérieure au balourd maximum pouvant être compensé dans ce plan, on effectue, lors de la première passe d'équilibrage (prééquilibrage), une compensation moindre de masse dans un autre plan (E2) grâce à laquelle le balourd résiduel reste dans les limites angulaires prévues pour la correction des masses dans l'un des plans de correction, et on compense ce balourd résiduel lors de la seconde passe d'équilibrage.

2) Procédé pour compenser des balourds, dans au moins deux plans, de corps tournants qui ne permettent une telle compensation que dans des plans de correction déterminés à l'avance par construction (E1, E2 et E3, E4) et dans certaines limites angulaires (W1, W2 et W3, W4), en effectuant deux passes d'équilibrage, l'équilibre du balourd se faisant par composantes, caractérisé en ce que, si la valeur d'un balourd initial (UK1) déterminée pour une composante (K1) est supérieure au balourd maximum pouvant être compensé dans cette composante, on effectue, lors de la première passe d'équilibrage, une compensation moindre de masse dans la seconde composante (K2) du même plan de correction, grâce à quoi le balourd résiduel reste dans les limites angulaires prévues pour la correction, ces limites permettant une résolution du balourd résiduel en les composantes de correction prévues.

3) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la valeur de la moindre com-

pensation de masse est proportionnelle à celle du balourd qui ne peut pas être compensée lors de la première passe d'équilibrage (UE1R, UK1R).

4) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, dans la première passe, on effectue une compensation moindre de masse tant suivant une composante que dans un plan de compensation.

5) Montage pour déterminer en composantes et/ou en plans de correction, les montants des valeurs du balourd initial obtenus d'un circuit de séparation des plans et d'un filtre, en vue de commander les outils de correction pour effectuer un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les valeurs des balourds initiaux sont comparées dans des comparateurs (11 à 14) associés aux composantes et/ou aux plans à la valeur du balourd pouvant être compensée en une composante et/ou en un plan lors d'une passe de correction, et les résultats de la comparaison ou des valeurs qui leur sont proportionnelles sont soustraites des valeurs des balourds initiaux par des circuits de soustraction (31 à 34) associés aux composantes et/ou aux plans de correction.

6) Montage selon la revendication 5, caractérisé en ce que la sortie d'un comparateur (11) associé à la première composante (K1) du premier plan de correction (E1) est reliée aux entrées des soustracteurs (32 et 33) associés à la seconde composante (K2) du premier plan de correction (E1) et à la première composante (K3) du second plan de correction (E2).

7) Montage selon la revendication 5, caractérisé en ce que la sortie d'un comparateur (12) associé à la seconde composante (K2) du premier plan de correction (E1) est reliée aux entrées des soustracteurs (31 et 34) associés à la première composante (K1) du premier plan de correction (E1) et à la seconde composante (K4) du second plan de correction (E2).

8) Montage selon la revendication 5, caractérisé en ce que la sortie d'un comparateur (13) associé à la première composante (K3) du second plan de correction (E2) est reliée aux entrées des soustracteurs (31 et 34) associés à la première composante (K1) du premier plan de correction (E1) et à la seconde composante (K4) du second plan de correction (E2).

9) Montage selon la revendication 5, caractérisé en ce que la sortie d'un comparateur (14) associé à la seconde composante (K4) du second plan de correction (E2) est reliée aux entrées des soustracteurs (32 et 33) associés à la seconde composante (K2) du premier plan de correction (E1) et à la première composante (K3) du second plan de correction (E2).

10) Montage selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que des résistances (19 à 22), interposées entre les sorties des comparateurs (11 à 14) et les entrées des soustracteurs (31 à 34), ont des valeurs qui sont fonction du rapport (rapport des plans a/b) de la distance entre les plans de correction (E1, E2) de la première passe d'équilibrage à la distance entre les plans (E3, E4) de la seconde passe d'équilibrage.

FIG.1

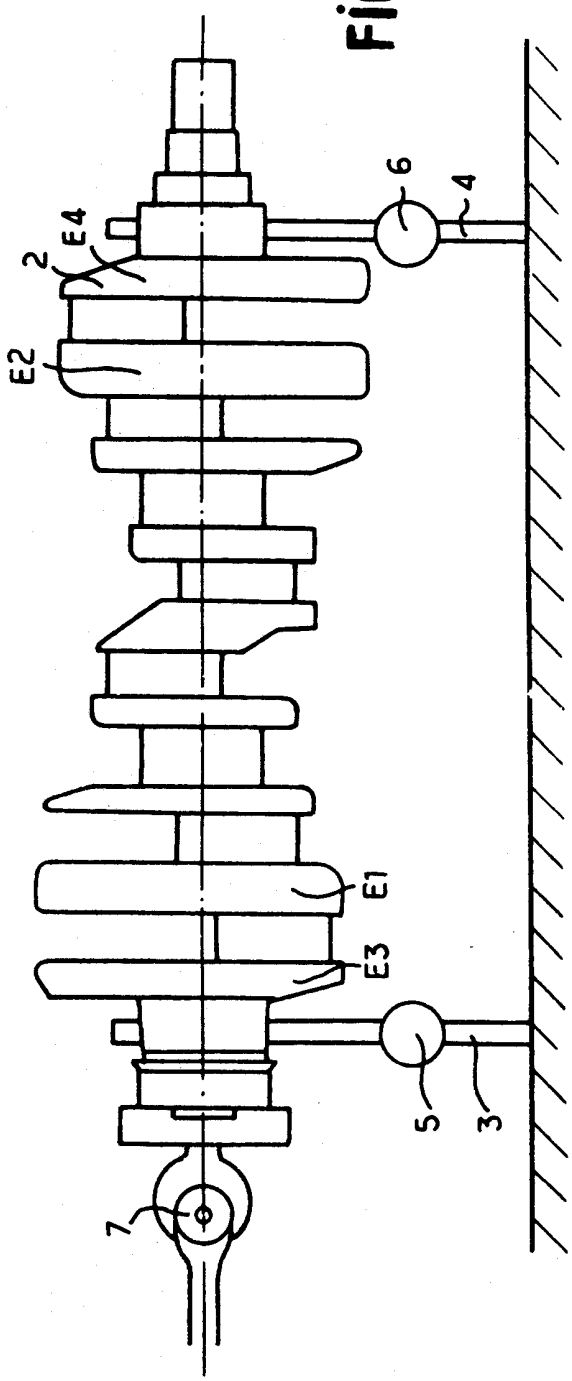



FIG.3

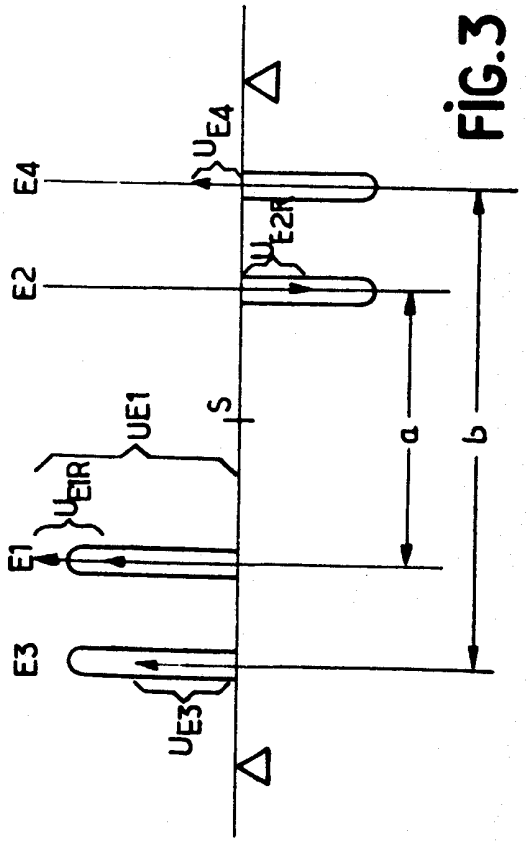
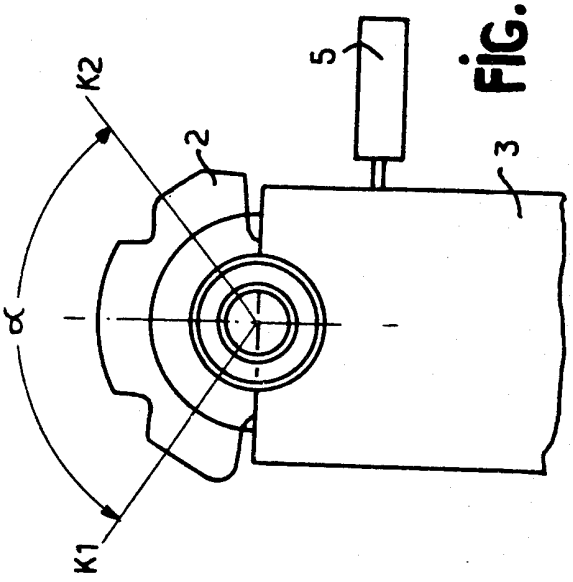



FIG.2



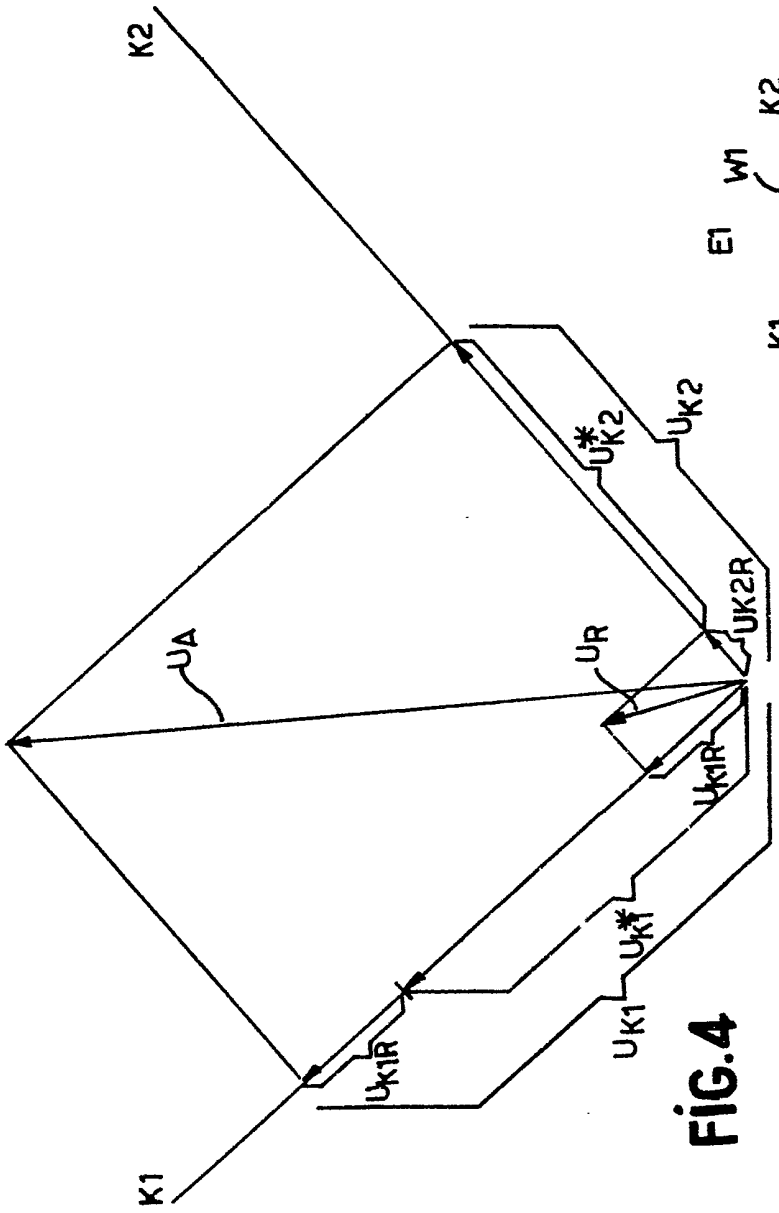

K2
K1
UA
UR
UK1R
UK1*
UK1
UK2R
UK2*
UK2

FIG.4

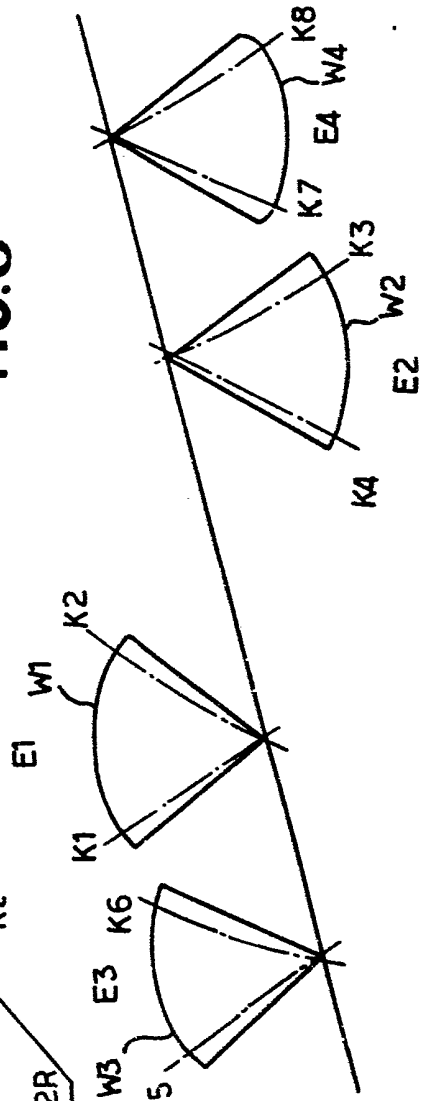

K8
W4
E4
K7
K3
W2
E2
K4
K2
W1
E1
K1
K6
E3
W3
K5

FIG.6

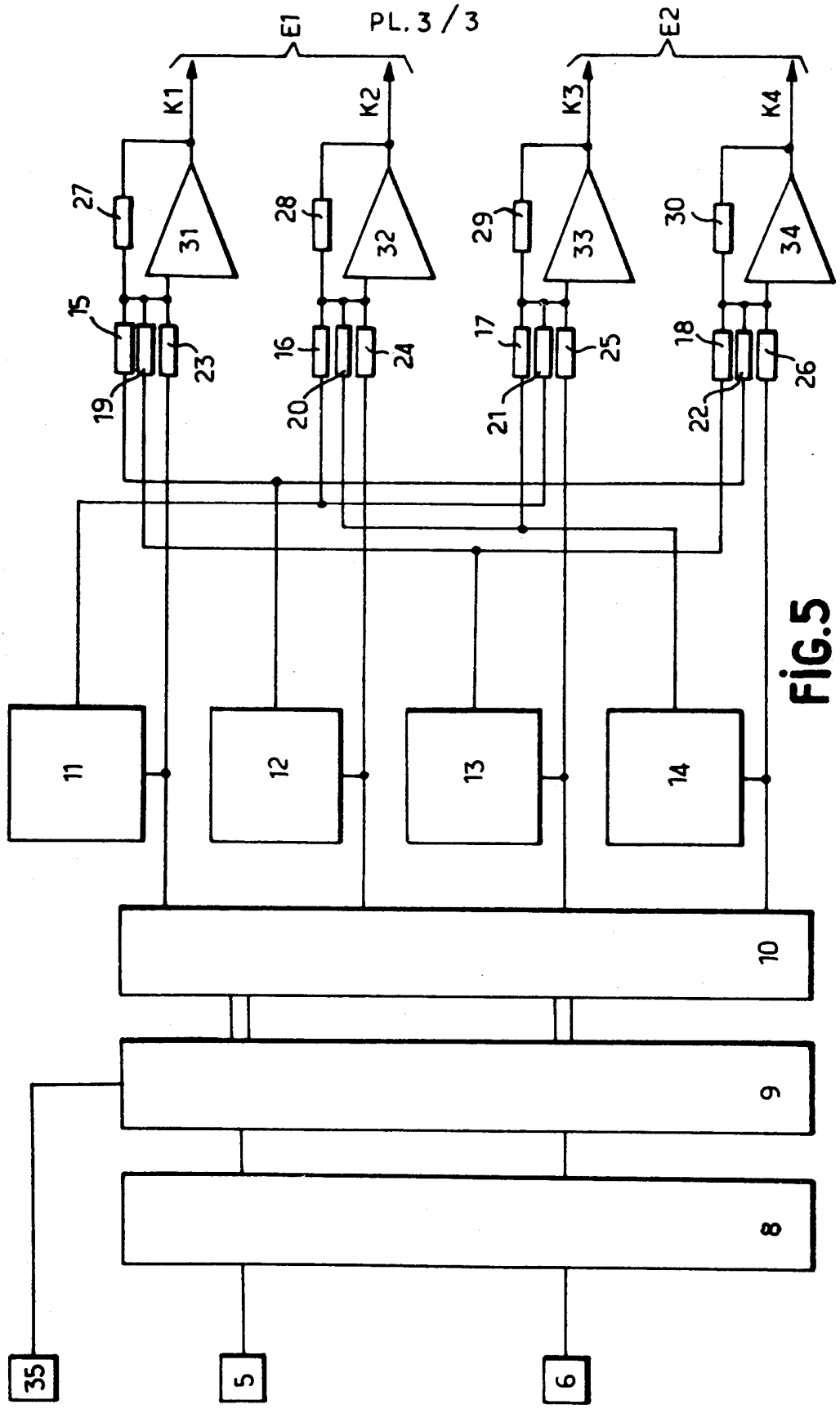

E1
E2
K1
K2
K3
K4
27
28
29
30
31
32
33
34
15
16
17
18
23
24
25
26
19
20
21
22
11
12
13
14
10
9
8
35
5
6

FIG.5