

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

**2 554 655**

②1 N° d'enregistrement national :

**84 13994**

⑤1 Int Cl<sup>4</sup> : H 02 P 7/635.

⑫

# **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 12 septembre 1984.

③0 Priorité : US, 4 novembre 1983, n° 548,701.

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 19 du 10 mai 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : CHESEBROUGH-POND'S  
INC., Société de droit américain. — US.

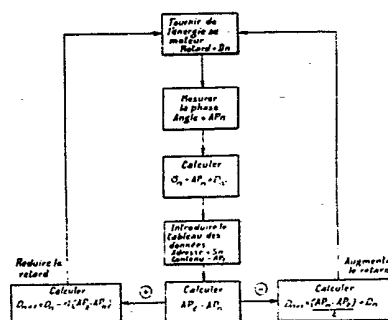
⑦2 Inventeur(s) : Ray E. Davis Jr, Michael J. Westkamper,  
Earle J. Timothy, Richard H. Johnson et Ronald W.  
Parker.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Madeuf.

⑤4 Système de commande d'un moteur à induction.

⑤7 Système de commande d'un moteur à induction compre-  
nant les opérations consistant à fournir de l'énergie à un  
moteur à induction en utilisant un retard d'allumage; mesurer  
l'angle de phase entre la tension du moteur et les passages  
par zéro de la tension et du courant du moteur; déterminer un  
angle de phase selon la relation  $y = m x + b$  dans laquelle  $y$   
est l'angle de phase,  $m$  est la pente,  $x$  est le retard d'allumage  
et  $b$  est le décalage; comparer l'angle de phase mesuré avec  
l'angle de phase déterminé et modifier le retard d'allumage sur  
la base d'une telle comparaison.



**FR 2 554 655 - A1**

D

La présente invention concerne des perfectionnements apportés à l'objet du brevet français 81 - 08856 publié sous le N° 2 493 561.

Comme indiqué dans le document ci-dessus, les revendications du brevet étaient basées sur un nombre limité d'expériences. A la suite d'un très grand travail expérimental, il a été possible de développer un nouveau procédé perfectionné pour la commande de moteurs à induction à courant alternatif. Il a été trouvé que des changements, tant dans l'angle de phase que dans le retard d'allumage, résultent de changements dans la charge du moteur, et que de tels changements se produisent d'une manière caractéristique qui est commune aux moteurs à induction à courant alternatif. Une telle caractéristique peut être approchée par une relation de la forme  $y = mx + b$  dans laquelle  $y$  est l'angle de phase,  $x$  est le retard d'allumage,  $m$  est la pente et  $b$  est le décalage. On a également découvert la façon dont cette caractéristique peut être utilisée pour commander des moteurs à induction à courant alternatif avec une économie notable des coûts en énergie.

On a en outre découvert une manière d'optimiser l'économie des coûts en énergie au moyen d'une technique dite de "perturbation" dans laquelle le retard d'allumage est augmenté d'une valeur prédéterminée et le comportement de l'angle de phase est évalué pour plusieurs cycles. Si le résultat des évaluations indique que des économies supplémentaires des coûts en énergie sont possibles, le retard d'allumage est alors augmenté d'une valeur prédéterminée et le comportement de l'angle de phase est à nouveau contrôlé pendant plusieurs cycles. Un tel processus est répété jusqu'à rendre maximum les économies des coûts en énergie.

Conformément à une forme de réalisation de l'invention, le procédé pour faire fonctionner un système de

commande d'un moteur à induction est caractérisé en ce qu'il comprend les opérations consistant à fournir de l'énergie à un moteur à induction en utilisant un retard d'allumage; mesurer l'angle de phase entre les passages par zéro de la tension et du courant du moteur; 5 déterminer un angle de phase selon la relation  $y = mx + b$ , dans laquelle  $y$  est l'angle de phase,  $m$  est la pente,  $x$  est le retard d'allumage et  $b$  est le décalage; comparer l'angle de phase mesuré avec l'angle de phase déterminé; 10 et modifier le retard d'allumage sur la base d'une telle comparaison.

Diverses autres caractéristiques de l'invention ressortent d'ailleurs de la description détaillée qui suit.

15 Des formes de réalisation de l'objet de l'invention sont représentées, à titre d'exemples non limitatifs, au dessin annexé.

La fig. 1A est un organigramme indiquant le fonctionnement d'un système de commande de moteurs selon la présente invention. 20

La fig. 1B représente des courbes de réponse typique de moteurs lorsqu'ils sont commandés en accord avec la présente invention.

La fig. 2 est un schéma d'un système préféré de commande de moteurs qui peut être utilisé pour mettre 25 en oeuvre la présente invention.

La fig. 3 est un schéma général d'un autre système de commande de moteurs pouvant être utilisés pour mettre en oeuvre la présente invention.

30 Les fig. 3A, 3B, 3C, 3D, 3E et 3F représentent les divers éléments de la fig. 3.

Comme en l'a déjà indiqué, la présente invention est basée sur la découverte que les moteurs à induction

à courant alternatif présentent une caractéristique commune, à savoir que des changements dans l'angle de phase et le retard d'allumage en fonction des variations de la charge du moteur peuvent être donnés de manière approchée par la formule  $y = mx + b$ , dans laquelle  $y$  est l'angle de phase (AP),  $m$  est la pente,  $x$  est le retard d'allumage (RET) et  $b$  est le décalage. Une relation préférée qui a été trouvée particulièrement appropriée à tous les moteurs à induction à courant alternatif monophasé qui ont été essayés est

$$AP = - 0,12 \text{ RET} + 70.$$

L'utilisation d'une telle relation permet de commander le moteur avec une économie sensible des coûts en énergie. Dans la relation, AP et RET sont exprimés en unité de comptage ou compte. Dans la forme de réalisation de l'invention représentée ci-après à titre d'exemple, 1 compte est égal à 30 microsecondes ou 0,648 degrés électriques à 60 Hertz.

La fig. 1A montre de manière générale la façon dont le moteur est commandé en accord avec la relation

$$AP = - 0,12 \text{ RET} + 70.$$

Au moment  $N$ , le moteur reçoit de l'énergie en utilisant un retard d'allumage  $D_n$ . On mesure alors l'angle de phase  $AP_n$ . La somme  $S_n$  du retard  $D_n$  et de l'angle de phase  $AP_n$  est alors utilisée en tant qu'adresse pour un tableau de données obtenu par ordinateur. Le contenu de l'adresse  $AP_t$  (angle de phase du tableau) est comparé avec l'angle de phase précédant  $AP_n$ , et le résultat est utilisé pour augmenter ou diminuer le retard. Initialement  $AP_n$  est plus grand que  $AP_t$ , et le retard sera augmenté en accord avec la

$$D_{n+1} = (AP_n - AP_t)/2 + D_n.$$

Une telle augmentation du retard pour fournir de l'énergie au moteur a pour résultat une économie des coûts en énergie. Le processus est répété jusqu'à ce que  $AP_t$  et  $AP_n$  soient

approximativement égaux. Si la charge du moteur augmente,  $AP_t$  dépassera  $AP_n$ . Le retard sera alors réduit en accord avec la formule  $D_{n+1} = D_n - 4 (AP_t - AP_n)$ . Une telle réduction du retard pour fournir de l'énergie au

5 moteur a pour résultat qu'une plus grande puissance est fournie au moteur pour traiter l'augmentation de charge, ce qui assure que le moteur continue à fonctionner à sa vitesse constante prévue.

Le tableau 1 de la page suivante est un tableau

10 de données obtenu par ordinateur sur la base de la relation  $AP = - 0,12 RET + 70$ . La somme de l'angle de phase AP et du retard RET est utilisée comme point d'entrée du tableau pour une commande initiale du

15 moteur. Les entrées du tableau sont les angles de phase, à savoir  $AP_t$ . Ainsi, si la somme de AP et de RET est 100 ( $100 + 0$ ), l'angle de phase est 65 d'après le tableau. Si  $AP + RET = 106$  ( $100 + 6$ ),  $AP_t = 64$ . De

manière analogue, si  $AP + RET = 193$ ,  $AP_t = 53$ , alors que si  $AP + RET = 194$ ,  $AP_t = 52$ . Le tableau fournit

20 256 points d'entrée de sommes et ces 256 points d'entrée sont divisés en 16 groupes ou niveaux, 16 points d'entrée se trouvant dans chaque niveau. Ainsi, les sommes 0 à 15 forment le Niveau 1, les sommes 16 à 32 forment le

Niveau 2, etc. Il y a lieu de noter que les faibles

25 sommes d'entrée indiquent de fortes charges du moteur, alors que les fortes sommes indiquent de faibles charges du moteur. Il y a lieu également de noter que le retard d'allumage n'est jamais inférieur à 1. Ainsi, dans les Niveaux 1 à 4, le nombre 100 indique que

30 l'on doit maintenir un retard d'allumage de 1.

5  
TABLEAU 1

|        |       | (AP = - 0,12 RET + 70) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|--------|-------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| NIVEAU | Somme | +0                     | +1  | +2  | +3  | +4  | +5  | +6  | +7  | +8  | +9  |  |
| 1      | 0     | 100                    | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |  |
|        | 10    | 100                    | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |     |     |     |     |  |
| 2      | 10    |                        |     |     |     |     |     | 100 | 100 | 100 | 100 |  |
|        | 20    | 100                    | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |  |
|        | 30    | 100                    | 100 |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 3      | 30    |                        |     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |  |
|        | 40    | 100                    | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |     |     |  |
| 4      | 40    |                        |     |     |     |     |     |     |     | 100 | 100 |  |
|        | 50    | 100                    | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |  |
|        | 60    | 100                    | 100 | 100 | 100 |     |     |     |     |     |     |  |
| 5      | 60    |                        |     |     |     | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |  |
|        | 70    | 69                     | 69  | 69  | 69  | 69  | 69  | 69  | 68  | 68  | 68  |  |
| 6      | 80    | 68                     | 68  | 68  | 68  | 67  | 67  | 67  | 67  | 67  | 67  |  |
|        | 90    | 67                     | 67  | 66  | 66  | 66  | 66  |     |     |     |     |  |
| 7      | 90    |                        |     |     |     |     |     | 66  | 66  | 66  | 65  |  |
|        | 100   | 65                     | 65  | 65  | 65  | 65  | 65  | 64  | 64  | 64  | 64  |  |
|        | 110   | 64                     | 64  |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 8      | 110   |                        |     | 64  | 64  | 63  | 63  | 63  | 63  | 63  | 63  |  |
|        | 120   | 63                     | 62  | 62  | 62  | 62  | 62  | 62  | 62  |     |     |  |
| 9      | 120   |                        |     |     |     |     |     |     |     | 61  | 61  |  |
|        | 130   | 61                     | 61  | 61  | 61  | 61  | 61  | 60  | 60  | 60  | 60  |  |
|        | 140   | 60                     | 60  | 60  | 59  |     |     |     |     |     |     |  |
| 10     | 140   |                        |     |     |     | 59  | 59  | 59  | 59  | 59  | 59  |  |
|        | 150   | 58                     | 58  | 58  | 58  | 58  | 58  | 58  | 58  | 57  | 57  |  |
| 11     | 160   | 57                     | 57  | 57  | 57  | 57  | 56  | 56  | 56  | 56  | 56  |  |
|        | 170   | 56                     | 56  | 55  | 55  | 55  | 55  |     |     |     |     |  |
| 12     | 170   |                        |     |     |     |     |     | 55  | 55  | 55  | 55  |  |
|        | 180   | 54                     | 54  | 54  | 54  | 54  | 54  | 54  | 53  | 53  | 53  |  |
|        | 190   | 53                     | 53  |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 13     | 190   |                        |     | 53  | 53  | 52  | 52  | 52  | 52  | 52  | 52  |  |
|        | 200   | 52                     | 52  | 51  | 51  | 51  | 51  | 51  | 51  |     |     |  |
| 14     | 200   |                        |     |     |     |     |     |     |     | 51  | 50  |  |
|        | 210   | 50                     | 50  | 50  | 50  | 50  | 50  | 49  | 49  | 49  | 49  |  |
|        | 220   | 49                     | 49  | 49  | 49  |     |     |     |     |     |     |  |
| 15     | 220   |                        |     |     |     | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  |  |
|        | 230   | 48                     | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  |  |
| 16     | 240   | 48                     | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  | 48  |  |
|        | 250   | 48                     | 48  | 48  | 48  | 48  | 0   |     |     |     |     |  |

Il est évident qu'un tableau différent peut être formé en faisant varier la pente de  $- 0,12$  à quelque autre valeur telle que  $- 0,18$  ou en faisant varier le décalage de  $70$  à quelque autre valeur telle que  $68$ . Un tableau  
 5 différent pourrait également être réalisé en faisant varier à la fois la pente et le décalage.

Il est, par exemple, possible de commander des moteurs à induction à courant alternatif monophasé sur la base d'un tableau formé en accord avec la formule  
 10  $AP = - 0,18 RET + 72$ . La pente peut varier entre environ  $- 0,2$  et environ  $- 0,1$ , alors que le décalage peut varier entre environ  $65$  et environ  $72$ . On montre, ci-après, à l'aide d'un exemple particulier, la façon dont le moteur est commandé en utilisant un tel type de relation.

15 Initialement, l'ordinateur détermine l'angle de phase existant  $AP$ , ajoute à  $AP$  le retard d'allumage de départ égal à  $1$ , et utilise cette somme pour entrer dans le tableau. L'ordinateur lit alors, dans le tableau, l'angle de phase qui correspond à la somme ci-dessus  
 20 d'entrée du tableau et calcule un nouveau retard d'allumage. Si  $AP_1 = 99$ , alors  $AP_1 + RET_1 = 99 + 1 = 100$ . En se référant au tableau 1, l'adresse  $100$  contient un  $AP_t$  de  $65$ . Étant donné que  $AP_1$  est supérieur à  $AP_t$ , le nouveau retard d'allumage est calculé ainsi :  
 25 nouveau retard =  $(AP_1 - AP_t)/2 + \text{ancien retard} = (99 - 65)/2 + 1 = 18$ .

Le nouveau retard d'allumage égal à  $18$  est maintenant rendu effectif, et on mesure l'angle de phase résultant qui est, dans le cas présent,  $95$ . La nouvelle somme d'entrée est de  $95 + 18 = 113$  ce qui donne un  $AP_t$  de  $64$ . Le nouveau  
 30 retard est  $(95 - 64)/2 + 18 = 33$ . Un tel processus se poursuit et, en supposant que la charge du moteur ne change pas, on atteint éventuellement un point du tableau dans lequel la somme reste pratiquement constante, c'est-à-dire que  $AP_t$  est à peu près égal à  $AP_n$ . Si toutefois  $AP_t$  est  
 35 supérieur à  $AP_n$ , ceci indique une augmentation dans la

charge du moteur. Le retard d'allumage est alors réduit de la quantité 4 ( $AP_t - AP_n$ ). Voir à ce sujet la fig. 1A.

La technique ci-dessus de commande de moteurs assure une réponse régulière à des charges appliquées, et cela sans risque que le moteur cale et sans avoir à répondre avec toute la puissance, ce qui serait une réponse inefficace sauf nécessité absolue. Le moteur répond automatiquement à des variations de charge, dans l'un ou l'autre sens, trouvant sa position correcte dans le tableau en vue d'une augmentation du rendement énergétique. Alors que cette approche de base s'est révélée hautement efficace pour augmenter le rendement énergétique de tous les moteurs essayés, de nombreux moteurs possèdent une potentialité pour des économies même plus importantes des coûts en énergie. Ceci est dû au fait que de tels moteurs dévient de la formule empirique  $AP = - 0,12 RET + 70$ , du fait que d'une part la pente est différente de  $- 0,12$ , que d'autre part le décalage est différent de 70 et qu'enfin l'angle de phase et/ou le retard varient de manière non linéaire avec la charge, ou du fait encore d'une combinaison de ce qui précède. Afin d'optimiser le rendement énergétique de tous les moteurs, on a développé une nouvelle technique de commande des moteurs. Cette technique implique une "perturbation" du fonctionnement du moteur en introduisant un retard supplémentaire prédéterminé lors de la fourniture de l'énergie au moteur; on observe le comportement de l'angle de phase pendant plusieurs cycles en réponse au retard et on commande ensuite le moteur sur la base de la nature de la réponse de l'angle de phase.

Après qu'une commande initiale du moteur ait été effectuée en accord avec la fig. 1A et le Tableau 1, un retard d'allumage supplémentaire de 20 comptes est ajouté au retard existant. On détermine alors l'effet sur l'angle de phase d'un tel retard supplémentaire. Ceci est obtenu en mesurant et en stockant la valeur de AP à  $T_0$  (lorsque



l'on ajoute le retard d'allumage de 20 comptes) et à T1, T2, T3, T4 et T5 (les cinq passages suivants positifs par zéro du courant du moteur).

AP<sub>0</sub> est l'angle de phase à T<sub>0</sub>, AP<sub>1</sub> est l'angle de phase à T1, etc.

Comme on le voit à la fig. 1B, il existe trois types principaux de réponse à une augmentation du retard d'allumage d'une quantité prédéterminée. Dans une réponse de Type I, l'angle de phase est réduit de AP<sub>0</sub> à AP<sub>1</sub> et reste ensuite entre AP<sub>1</sub> et (AP<sub>0</sub> - AP<sub>1</sub>)/3, c'est-à-dire qu'il recouvre moins de 1/3 de la différence entre AP<sub>0</sub> et AP<sub>1</sub>. Dans une réponse de Type II, l'angle de phase est réduit de AP<sub>0</sub> à AP<sub>1</sub> et il recouvre alors plus de 1/3 de la différence entre AP<sub>0</sub> et AP<sub>1</sub>. Dans une réponse de Type III, l'angle de phase est initialement réduit de AP<sub>0</sub> à AP<sub>1</sub> et diminue encore ensuite au niveau de AP<sub>1</sub> - 2. Dans le cas d'une réponse de Type III, le procédé de calibrage avorte et l'ordinateur commande le moteur sur la base des conditions en présence au temps T<sub>0</sub>. Dans le cas d'une réponse de Type II, l'ordinateur classe temporairement le retard à T<sub>0</sub> (le retard existant avant l'introduction du retard supplémentaire de 20 comptes) en tant que retard optimum pour des économies maximum de coûts en énergie à cette charge et à ces conditions de fonctionnement (par exemple température, tension appliquée, etc.).

L'ordinateur répète cependant plusieurs fois le processus pour vérifier que l'on continue bien à obtenir une réponse de Type II. Une réponse de Type I indique qu'il peut être possible d'obtenir une économie supplémentaire des coûts en énergie. Dans un tel cas, l'ordinateur augmente le retard d'allumage et évalue la réponse de l'angle de phase jusqu'à ce que soit obtenue une réponse de Type II ou de Type III, c'est-à-dire jusqu'à ce que le rendement énergétique de fonctionnement ait été maximisé.

En se reportant à nouveau au tableau 1, le processus

de calibrage permettant d'optimiser le rendement énergétique est effectué en général aux Niveaux 6 à 13. Pour des raisons de commodité le Tableau 1, qui présente un décalage de 70, est dénommé "Tableau 70". Des expériences effectuées à ce jour ont montré que tous les moteurs à induction à courant alternatif monophasé essayés fonctionnent de manière satisfaisante pour toutes charges en utilisant le Tableau 70. Des moteurs qui produisent une réponse de Type I, indiquant que des économies des coûts en énergie supplémentaires peuvent être possibles, reçoivent des angles de phase inférieurs correspondant à leur somme d'entrée du tableau des données. Ceci est effectué à chaque fois qu'il existe une réponse de Type I, et cela en décrémentant le décalage. En d'autres termes, lorsque l'on obtient une réponse de Type I, la relation est modifiée de  $AP = - 0,12 RET + 70$  à  $AP = - 0,12 RET + 69$ .

Par exemple, en supposant que le moteur fonctionne à une somme d'entrée du tableau des données de 140, ceci correspond à un  $AP_t$  de 60. Si l'on obtient une réponse de Type I, un nouveau calcul est effectué sur la base de la relation  $AP = - 0,12 RET + 69$ . Ceci conduit à un  $AP_t$  de 59 pour une somme d'entrée du tableau des données égale à 140. Si l'on obtient une autre réponse de Type I, on effectue un nouveau calcul sur la base de la relation  $AP = - 0,12 RET + 68$ . Un tel calcul donne un  $AP_t$  de 58 pour une somme d'entrée du tableau des données de 140. L'effet du processus ci-dessus, pour une somme d'entrée du tableau des données constante, est d'augmenter le retard d'allumage et de réduire l'énergie fournie au moteur de façon à augmenter les économies des coûts en énergie. Un tel procédé est répété jusqu'à ce que soit obtenue une réponse de Type II indiquant que l'économie des coûts en énergie a été maximisée. Dans la forme de réalisation de l'invention décrite aux présentes, le décalage minimum pouvant être accordé (point d'économie maximum des coûts en énergie) a

été limité à 60. Une réponse de Type III indique que soit la charge du moteur est en train d'augmenter, soit que l'on a obtenu une économie maximum des coûts en énergie. Dans les deux cas, on arrête tout calibrage supplémentaire jusqu'à ce que reprenne le fonctionnement stable.

En se référant au Tableau I, le processus de calibrage permettant de maximaliser le rendement énergétique de fonctionnement est limité à des Niveaux 6 à 13. Il est possible que certains moteurs, dans certaines applications, fonctionnent à un point de charge constante, en limitant ainsi le calibrage à une somme d'entrée du tableau des données correspondant à un tel point de charge. Même avec une charge constante, cependant, des fluctuations dans la tension d'alimentation, la température de fonctionnement, le frottement du moteur, etc., amènent les sommes d'entrée du tableau à varier quelque peu en rendant ainsi possible une variation du moteur d'un niveau à un autre. Lorsque ce qui précède se produit, l'expérience a montré que lorsque les décalages entre les niveaux adjacents diffèrent de plus de 5, et que le moteur oscille entre de tels niveaux, un à-coup discernable est produit et qui peut être déconcertant pour l'utilisateur. On a ainsi trouvé la technique suivante pour régler les décalages des niveaux adjacents de telle manière qu'ils ne diffèrent jamais de plus de 3.

En revenant à l'exemple précédent, la somme d'entrée du tableau était de 150. Ceci correspond au Niveau 9 dans le Tableau I. Lorsque l'on commence le processus de calibrage et que l'on obtient une réponse de Type 1, l'ordinateur change le décalage du Niveau 9 à 69. Aucun des autres niveaux n'est affecté. Si l'on obtient maintenant une autre réponse de Type 1, le décalage de Niveau 9 tombe à 68. Ceci se produit jusqu'à ce que la moitié de la différence entre les décalages des niveaux adjacents soit égale ou supérieure à 3. Lorsqu'un tel résultat se produit, la

moitié de la différence est appliquée au niveau adjacent, les différences étant arrondies. Dans l'exemple précédent, le premier réglage des niveaux adjacents se produit lorsque le décalage pour le Niveau 9 atteint 65. Alors

5  $(70 - 65)/2 = 2,5$ , ce qui est arrondi à 3. A ce point, les Niveaux 8 et 9 reçoivent des décalages de 67. Lorsque le décalage pour le Niveau 9 atteint 62, les décalages pour les Niveaux 8 et 10 sont réglés à 64. Etant donné que les Niveaux 7 et 11 diffèrent maintenant des Niveaux

10 8 et 10 de plus de la quantité permise, les décalages pour les Niveaux 7 et 11 sont réglés à 67. Le décalage pour le Niveau 9 peut maintenant descendre à 60 (la plus faible valeur permise dans la présente forme de réalisation de l'invention) sans nécessiter de quelconques réglages

15 supplémentaires des décalages des niveaux adjacents.

Si le moteur continue à fonctionner au Niveau 9, aucun autre essai de calibrage n'a lieu. Si, cependant, la charge du moteur change, en amenant l'entrée vers un autre niveau, l'ordinateur compare le nouveau décalage

20 avec 60 (le décalage précédent) et permet à un nombre suffisant d'opérations de calibrage de se produire pour qu'un décalage de 60 puisse être atteint. Par exemple, si le moteur se décale vers le Niveau 7, lequel présente un décalage de 67, l'ordinateur permettra l'exécution de sept

25 essais de calibrage. Les Niveaux 1 à 4 ne dévient jamais du retard d'allumage maximum de 1 alors que les Niveaux 5, 14, 15 et 16 ne sont jamais calibrés. Ils sont cependant autorisés à avoir leur décalage réglé sur la base du calibrage d'un niveau adjacent.

30 La fig. 2 décrit un système de commande de moteur qui peut être utilisé pour la mise en oeuvre de la présente invention. La fig. 2 de la présente demande est la même que la fig. 2 du brevet français 81-08856 ci-dessus et la description de la fig. 2 du document antérieur est incorporée aux présentes à titre de référence. La présente

35

invention a été utilisée pour commander des moteurs à induction à courant alternatif monophasé en utilisant le système illustré à la fig. 2.

A la fig. 2, l'alimentation en courant continu 22 comprend un redresseur à pont biphasé et un régulateur à puce à circuit intégré de Texas Instrument ("TI") 7805. Les amplificateurs 24 et 26 comprennent des amplificateurs opérationnels RCA CA 339. Le multivibrateur monostable 28 comprend une puce à circuit intégré TI 74121. L'horloge 10 32 comprend un compteur 5 TI 74LS193 utilisé pour diviser le signal de validation de verrouillage d'adresse ("ALE") de 400 KHz pour le réduire à 28,5 KHz. Le déclencheur 30 comprend un amplificateur tampon à circuit intégré TI 7406 et une puce Monsanto 6200 comprenant une paire de redresseurs contrôlés à semiconducteurs couplés optiquement 15 et reliés pour former un triac.

A la fig. 2, les fonctions remplies par le compteur d'angle de phase 34, le compteur de retard 36, le compteur incrémental 38, le registre d'angle de phase 44, le comparateur 40, la porte 42, le diviseur 48 et les commutateurs 46a, 46b et 46c sont remplies par un microordinateur numérique programmable Intel 8748. Dans l'ordinateur, les compteurs sont utilisés pour remplir les fonctions du compteur d'angle de phase 34 et du compteur de retard 36, 25 et des registres sont utilisés pour remplir les fonctions du registre d'angle de phase 44 et du compteur incrémental 38. Les fonctions du comparateur 40 sont réalisées au moyen d'une opération de soustraction dans l'unité logique arithmétique. Les fonctions de la porte 42, du diviseur 48 30 et des commutateurs 46a, 46b et 46c sont remplies par les éléments logiques sous commande d'un logiciel.

Alors que la présente invention a été décrite dans son application à des moteurs à induction à courant alternatif monophasé, elle peut également être appliquée à des 35 moteurs à induction triphasés. Pour une description d'un

système de commande de moteur numérique triphasé, il convient de se référer aux passages de la page 9, ligne 33 à la page 10, ligne 9 du brevet français 81 08 856.

Ainsi, bien que le dispositif de l'invention ait été  
5 présenté comme appliqué à un moteur à induction à courant alternatif monophasé, la présente invention peut être également appliquée à des moteurs à induction à courant alternatif polyphasé. En fait, la commande du facteur de puissance d'un moteur à induction à courant alternatif  
10 triphasé n'exige que peu de circuits additionnels : deux triacs (ou redresseurs commandés au silicium) additionnels et les circuits de déclenchement associés pour les deux phases additionnelles, et par exemple un compteur et un registre à décalage pour engendrer des retards fixes de  
15 l'excitation des deux autres phases. Du fait que le rapport entre les phases est fixe, la commande du facteur de puissance d'un moteur à induction à courant alternatif triphasé n'implique que la détermination de l'angle de phase étalonné pour une phase et l'utilisation de ce même  
20 angle de phase pour les deux autres phases.

Sur la base d'expériences plus limitées, on a découvert que les moteurs à induction à courant alternatif triphasé présentent également des variations dans l'angle de phase et le retard d'allumage en fonction de changements  
25 dans la charge du moteur qui varient d'une manière caractéristique et que l'on peut approcher par l'expression  $y = m x + b$ . Là encore  $y$  est l'angle de phase,  $m$  est la pente,  $x$  est l'angle de retard et  $b$  est le décalage. Contrairement au cas des moteurs à induction à courant alternatif monophasé, avec un moteur à induction à courant alternatif triphasé, la pente  $m$  est positive. Une relation  
30 préférée pour la commande de moteurs à induction à courant alternatif triphasé est  $AP = + 0,62 RET + 24$ . Avec des moteurs à induction à courant alternatif triphasé, la pente  
35 peut varier de 0,5 à 0,7, alors que le décalage peut varier de 10 à 30.

Les spécialistes de la technique constateront que la présente invention n'est pas limitée au mode de réalisation particulier décrit ici. Ainsi, alors qu'il a été indiqué que pour des moteurs à induction à courant alternatif mono-

5 phasé, on peut choisir  $m$  entre  $-0,1$  et  $-0,2$  et que les valeurs de  $b$  peuvent être choisies entre 65 et 72, on peut également choisir des valeurs à l'extérieur de ces gammes et commander encore avec succès de nombreux moteurs. De manière analogue, alors que l'on a donné, pour des mo-

10 teurs à induction à courant alternatif triphasé, des valeurs de  $m$  choisies entre 0,5 et 0,7 et des valeurs de  $b$  choisies entre 10 et 30, les valeurs de  $m$  et de  $b$  peuvent être également choisies à l'extérieur de ces gammes et commander encore avec succès de nombreux moteurs. D'autres

15 modifications et perfectionnements de la présente invention seront apparents pour le spécialiste sans sortir du cadre de cette invention. Par exemple, celle-ci peut être mise en oeuvre sans utiliser un calculateur numérique programmé.

20 La fig. 3 annexée décrit un tel système de commande de moteurs. A la fig. 3, Q1 à Q15 sont des transistors à effet de champ qui conduisent lorsqu'une tension positive est appliquée à leurs portes, alors que Q16 est un triac tel qu'un triac de type Teccor Q4025V5 et que Q17 est un

25 pont à diode. Les composants désignés par U1 - U6, U8 - U12, U14 - U16, U20, U21, U26, U27, U28 - U30, U38 - U39, U41 - U44, U60, U64, U72, U73 et U78 sont des amplificateurs opérationnels U13, U31 - U33, U48, U53, U65 et U79 sont des inverseurs, alors que U56 est un amplifi-

30 cateur non-inverseur. U17, U22, U24, U25, U35, U36, U46, U47, U49, U66, U68, U71, U74 et U80 sont des portes ET, alors que U50, U52, U61 et U69 sont des portes OU. U45 est une porte NI. U54, U55, U57 - U59, U75 et U81 sont des amplificateurs OMOS de type Trigger de Schmidt. U18, U51,

35 U67 et U70 sont des verrous, U67 étant constitué pour

diviser par deux. U19, U23, U37 et U62 sont des compteurs, U62 étant un compteur binaire comptant vers le haut et vers le bas (compteur-décompteur). U63 est un décodeur à quatre lignes qui effectue une conversion D/A basée sur la sortie de U62. U76 est un amplificateur tampon, tel qu'un TI 7406, et U77 peut être un circuit intégré de type 6200 de chez Monsanto comprenant une paire de RCS couplés optiquement et reliés comme un triac. Une brève description du fonctionnement du système de commande du moteur de la fig. 3 est donnée ci-après.

U64 est relié à la tension de lignes et forme une onde de tension carrée. Q17 et U78 forment une onde carrée qui est positive lorsque Q16 est non passant. U66 produit une impulsion positive qui est synchronisée avec la tension de ligne. La sortie de U66 est utilisée pour obtenir deux signaux de synchronisation du système. Le premier signal est produit par U53. Le second signal est produit par U54 et U55 et suit étroitement dans le temps la sortie de U53. Deux signaux de synchronisation supplémentaires sont obtenus à partir de la sortie de U64. Un signal est produit par U56, U57 et U81 alors que l'autre est produit par U51 et U59 et suit étroitement dans le temps la sortie de U57. La synchronisation pour les circuits d'échantillonnage et de maintien Q11/U26 et Q12/U27 est assurée par U13 et U22 - U25. Finalement U35, U36 et U37 commandent le contrôle des divers types de réponses (Type I, Type II ou Type III) lorsque le fonctionnement du moteur est perturbé afin de rendre maximum le rendement de fonctionnement.

La conversion de la largeur d'impulsion de l'angle de phase en une tension est effectuée par Q1, Q9 et U1. La sortie de U1 est  $AP_n$  qui est appliqué entre autres aux circuits d'échantillonnage et de maintien. La largeur de l'impulsion de "retard" est convertie en une tension par Q2, Q10 et U2. U3 et U4 prennent la sortie de U2, la multiplie par "m" et ajoute "b", respectivement. La sortie de



- U4 est, par conséquent  $AP_t$ . U5 compare  $AP_n$  avec  $AP_t$ . La sortie de U5 est positive lorsque  $AP_n$  est supérieur à  $AP_t$  et négative lorsque  $AP_t$  est supérieur à  $AP_n$ . U5 contrôle si le retard d'allumage est augmenté ou diminué. Lorsque la sortie de U5 est positive Q3 est "autorisé", Q13 est "interdit", et U6 et U8 effectuent l'opération  $(AP_n - AP_t)/2 + D_n$ . Lorsque la sortie de U5 est négative, Q3 est "interdit", Q13 est "autorisé", et U28, U29 et U30 effectuent l'opération  $D_n - 4(AP_t - AP_n)$ .
- La combinaison de U14, U15 et U16 fonctionne comme détecteur d'erreur de zéro, c'est-à-dire que ces derniers déterminent si  $AP_n$  est égal à  $AP_t$ . Lorsque les sorties à la fois de U16 et de U15 sont positives, la séquence de perturbations commence. Le circuit séquentiel de perturbation est formé par U17, U18, U19, U50, U51, U20, U21, U32, Q4 et Q5. U18 fonctionne en tant que verrou "perturbation en cours". U19 garde trace du nombre de perturbations qui ont été commencées. U38 et U39 effectuent l'opération  $(AP_0 - AP_1)/3 + AP_1$ . U41 compare la sortie de U40 avec  $AP_n$ . Si  $AP_n$  est supérieur à  $AP_1$  plus  $(AP_0 - AP_1)/3$ , alors la sortie de U41 est positive et indique une réponse de Type II. U43 et U42 effectuent l'opération  $AP_1 - 2$ , et U44 compare cela avec  $AP_n$ . Si  $AP_n$  est supérieur à  $AP_1 - 2$ , alors la sortie de U44 est positive et indique une réponse de Type III. Les sorties de U41 et de U44 sont appliquées à la porte NI U45 qui produit un signal de sortie positif indiquant une réponse de Type I en l'absence d'une réponse tant de Type II que de Type III.
- La commande des diverses réponses est contrôlée par U46, U47, U49 et U68. Les réponses de Type I et de Type II sont commandées par U49 et U68, respectivement. Une réponse de Type III qui se produit pendant la première perturbation est commandée par U47, alors qu'une réponse qui se produit lors d'une perturbation suivante est commandée par U46. Un signal de sortie provenant soit de U46 soit de U47

produit un signal sortant de U52 qui remet à l'état initial le verrou U18 "perturbation en cours" par l'intermédiaire de la porte OU 69. Lorsque U49 indique une réponse de Type I, cela amène le compteur U62 à décrémenter le  
5 décalage.

La synchronisation de retard permettant de commander le retard lors de l'allumage du triac comprend U9, U10, U11, U12, U33, Q6, Q7, Q8, Q14 et Q15. U10 et U12 sont des  
10 générateurs de type à rampe qui produisent la même rampe fixe qui commence lorsque le courant du triac passe par zéro au cours de chaque demi-cycle de la tension de ligne. U11 compare ces rampes avec le nouveau retard dans U9. La sortie de U11 devient positive à la fin du nouveau retard. La sortie de U11 est tamponnée par U76 et allume le  
15 triac Q16 par l'intermédiaire du trigger ou déclencheur U77. U72, U73 et U75 déterminent si un changement dans la tension de ligne ou dans la charge du moteur est suffisamment important pour provoquer une nouvelle séquence de perturbation, et dans ce cas, la débute.

20 Comme cela a été indiqué ci-dessous, l'invention n'est pas limitée à l'exemple de réalisation représenté et décrit en détail car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

REVENDEICATIONS

1 - Procédé pour faire fonctionner un système de commande d'un moteur à induction, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations consistant à :

- 5 a) fournir de l'énergie à un moteur à induction en utilisant un retard d'allumage;  
b) mesurer l'angle de phase entre les passages par zéro de la tension et du courant du moteur;  
c) déterminer un angle de phase selon la relation  
10  $y = mx + b$ , dans laquelle y est l'angle de phase, m est la pente, x est le retard d'allumage et b est le décalage;  
d) comparer l'angle de phase mesuré avec l'angle de phase déterminé; et  
e) modifier le retard d'allumage sur la base d'une  
15 telle comparaison.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la valeur dont le retard d'allumage est modifié est proportionnelle à la différence entre l'angle de phase mesuré et l'angle de phase déterminé.

- 20 3 - Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le retard d'allumage est augmenté d'une valeur égale à la moitié de la différence existant entre l'angle de phase mesuré et l'angle de phase déterminé.

- 4 - Procédé selon la revendication 2, caractérisé en  
25 ce que le retard d'allumage est diminué d'une quantité égale à quatre fois la différence entre l'angle de phase mesuré et l'angle de phase déterminé.

- 5 - Procédé pour faire fonctionner un système de commande d'un moteur d'induction, caractérisé en ce qu'il  
30 comprend les opérations consistant à :

- a) fournir de l'énergie à un moteur à induction en utilisant un retard d'allumage;  
b) mesurer l'angle de phase entre les passages par zéro de la tension et du courant du moteur;  
35 c) déterminer un angle de phase selon la relation

$y = mx + b$  dans laquelle  $y$  est l'angle de phase,  $m$  est la pente,  $x$  est le retard d'allumage et  $b$  est le décalage;

d) comparer l'angle de phase mesuré avec l'angle de phase déterminé;

5 e) augmenter le retard d'allumage; et

f) répéter les opérations a à e jusqu'à ce que l'angle de phase déterminé et l'angle de phase mesuré soient approximativement égaux.

6 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que  $m$  est négatif.

7 - Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que  $m$  est compris entre environ - 0,1 et environ - 0,2.

8 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que  $m$  est positif.

9 - Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que  $m$  est compris entre environ 0,5 et environ 0,7.

10 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que  $m$  est négatif et  $b$  est compris entre environ 65 et environ 72.

11 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que  $m$  est positif et  $b$  est compris entre environ 10 et environ 30.

12 - Procédé numérique pour faire fonctionner un système de commande d'un moteur à induction, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations consistant à :

a) fournir de l'énergie à un moteur à induction en utilisant un retard d'allumage;

b) mesurer l'angle de phase entre le passage par zéro de la tension et du courant du moteur;

c) calculer la somme de l'angle de phase mesuré et du retard d'allumage;

d) utiliser cette somme pour choisir un angle de phase formé en accord avec la relation  $y = m x + b$ , dans laquelle  $y$  est l'angle de phase,  $m$  est la pente,  $x$  est le retard d'allumage et  $b$  est le décalage;

e) comparer l'angle de phase mesuré avec l'angle de phase déterminé; et

f) modifier le retard d'allumage sur la base d'une telle comparaison.

5        13 - Procédé numérique pour faire fonctionner un système de commande d'un moteur à induction, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations consistant à :

a) fournir de l'énergie à un moteur à induction en utilisant un retard d'allumage;

10        b) mesurer l'angle de phase entre les passages par zéro de la tension et du courant du moteur;

c) calculer la somme de l'angle de phase mesuré et du retard d'allumage;

15        d) utiliser la somme pour choisir un angle de phase formé selon la relation  $y = m x + b$ , dans laquelle  $y$  est l'angle de phase,  $m$  est la pente,  $x$  est le retard d'allumage et  $b$  est le décalage.

e) comparer l'angle de phase mesuré avec l'angle de phase choisi;

20        f) augmenter le retard d'allumage; et

g) répéter les opérations a à f jusqu'à ce que l'angle de phase mesuré et l'angle de phase choisi soient approximativement égaux.

25        14 - Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations supplémentaires consistant à :

a) mesurer et stocker un angle de phase initial au temps  $T_0$ ;

30        b) augmenter le retard d'allumage d'une valeur déterminée à l'avance;

c) mesurer et stocker l'angle de phase résultant aux temps  $T_1, T_2, \dots T_n$ ;

d) comparer l'angle de phase initial et les angles de phase résultants; et

35        e) modifier le retard d'allumage sur la base de telles comparaisons.

- 15 - Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'angle de phase à Tn est inférieur à l'angle de phase à T1 et en ce que le retard d'allumage est réduit.
- 5 16 - Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la différence entre l'angle de phase à Tn et l'angle de phase à T1 est inférieure au tiers de la différence de l'angle de phase à To et de l'angle de phase à T1, le retard d'allumage étant réduit.
- 10 17 - Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la différence entre l'angle de phase à Tn et l'angle de phase à T1 est supérieure au tiers de la différence de l'angle de phase à To et de l'angle de phase à To, le retard d'allumage étant augmenté.
- 15 18 - Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que le retard d'allumage est augmenté en décrémentant le décalage.
- 20 19 - Procédé selon l'une des revendications 12 à 18, caractérisé en ce que m est négatif.
- 20 20 - Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que m est compris entre environ - 0,1 et environ - 0,2.
- 21 - Procédé selon l'une des revendications 12 à 18, caractérisé en ce que m est positif.
- 25 22 - Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que m est compris entre environ 0,5 et environ 0,7.
- 23 - Procédé selon l'une des revendications 12 à 18, caractérisé en ce que m est négatif et en ce que b est compris entre environ 65 et environ 72.
- 30 24 - Procédé selon l'une des revendications 12 à 18, caractérisé en ce que m est positif et en ce que b est compris entre environ 10 et environ 30.

Fig. 1A.

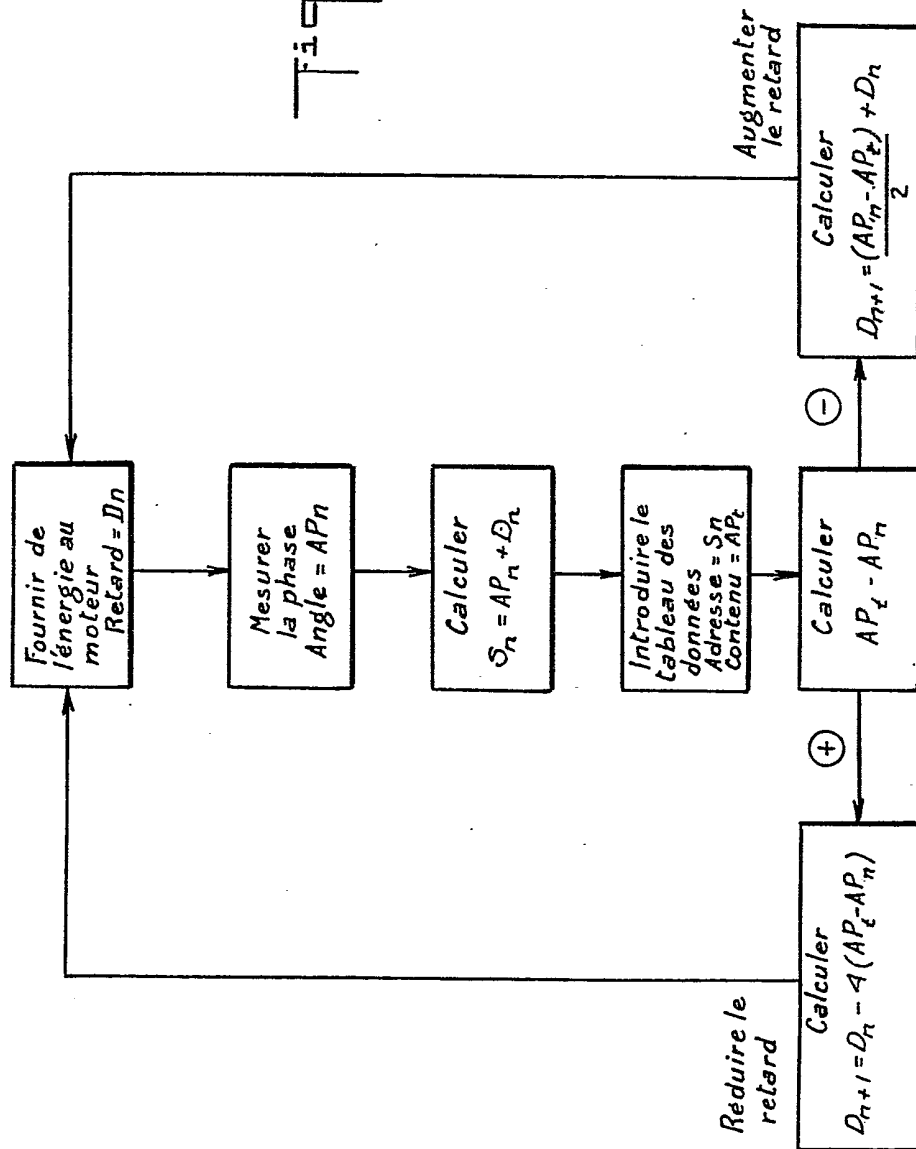
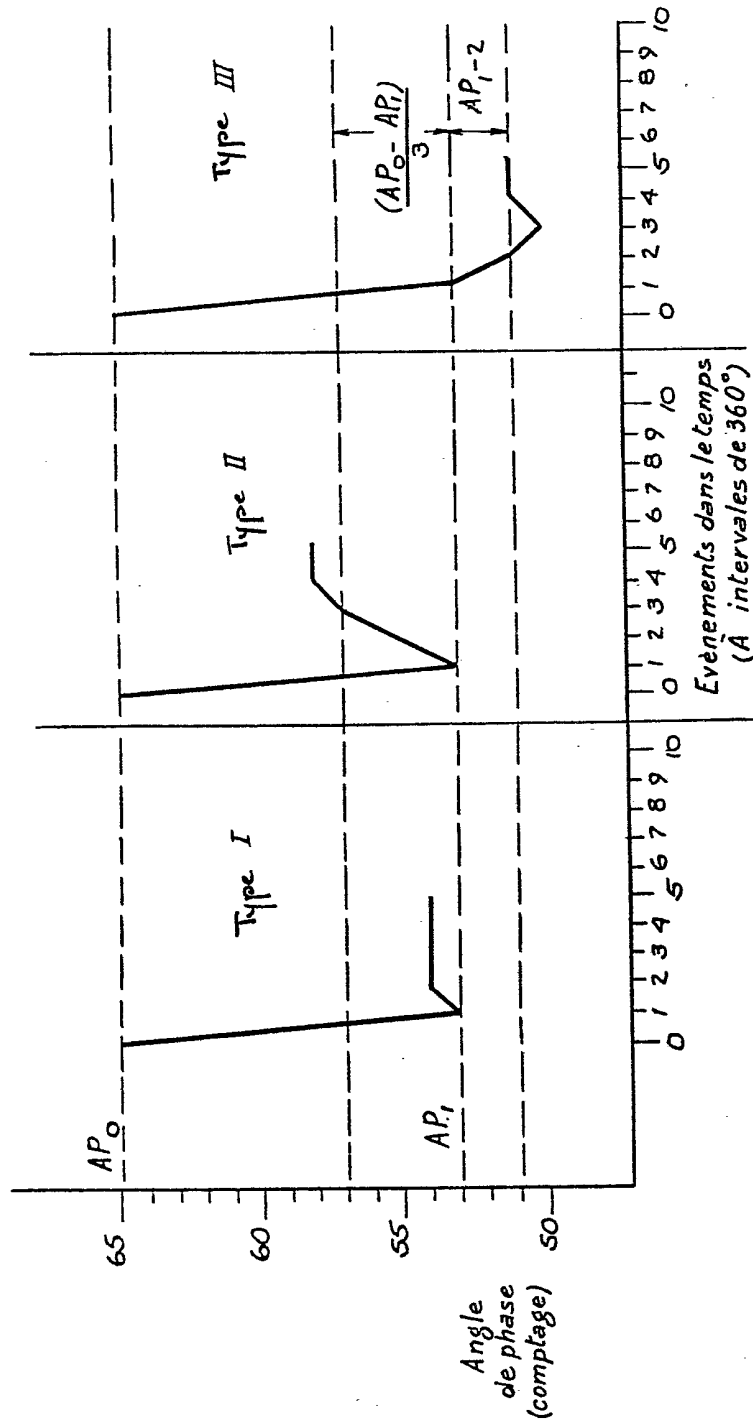
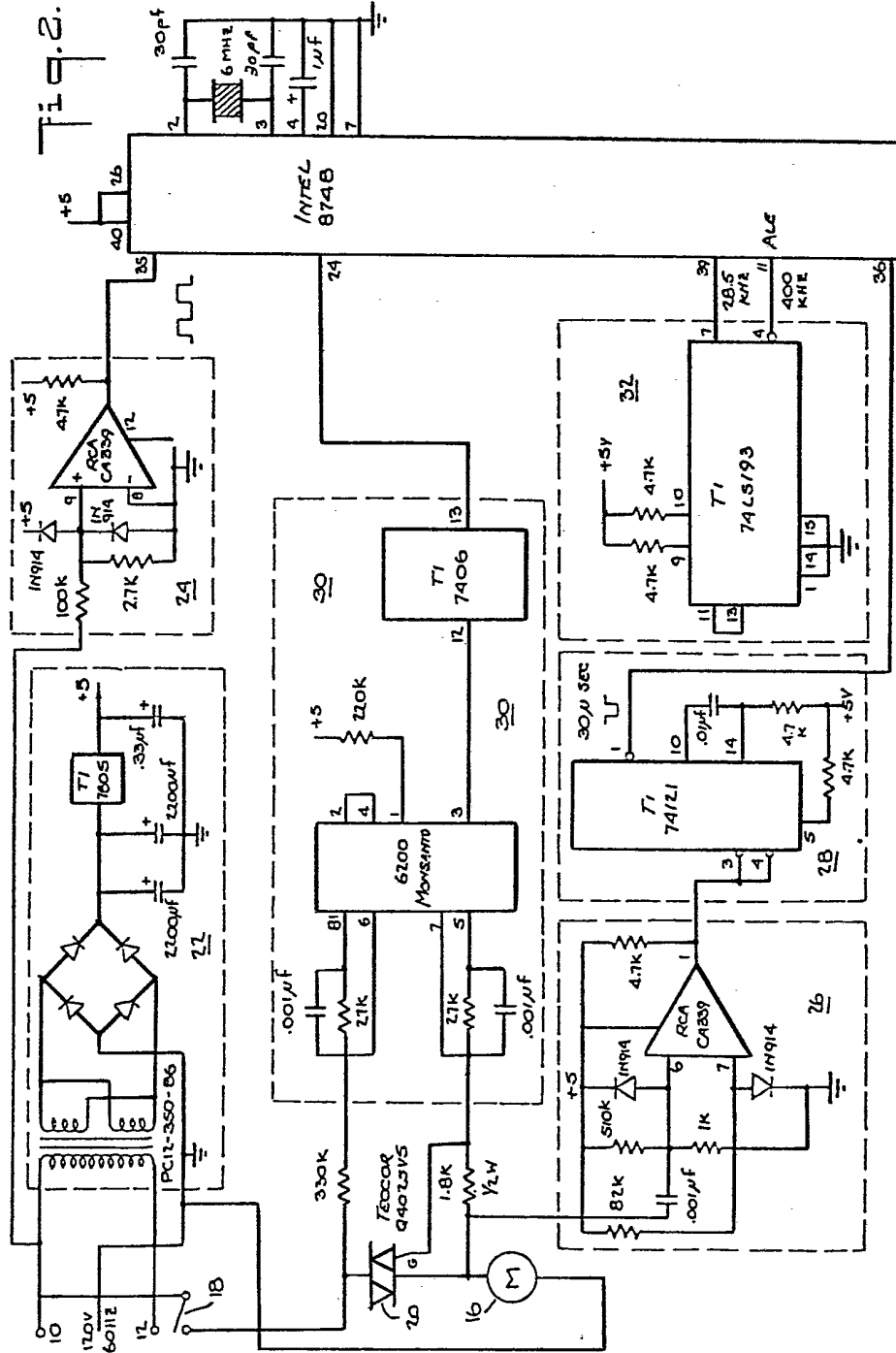


Fig. 1B.







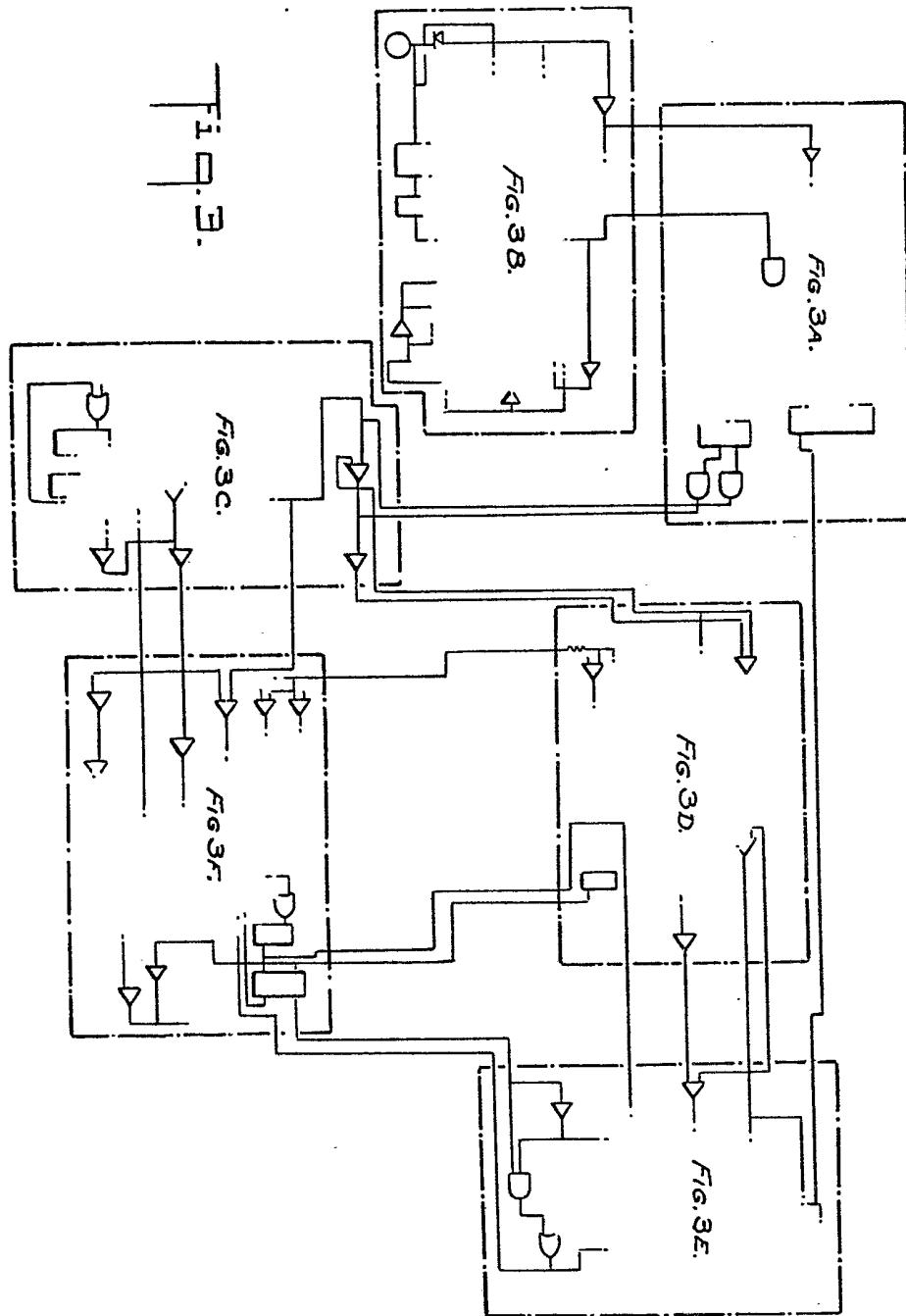
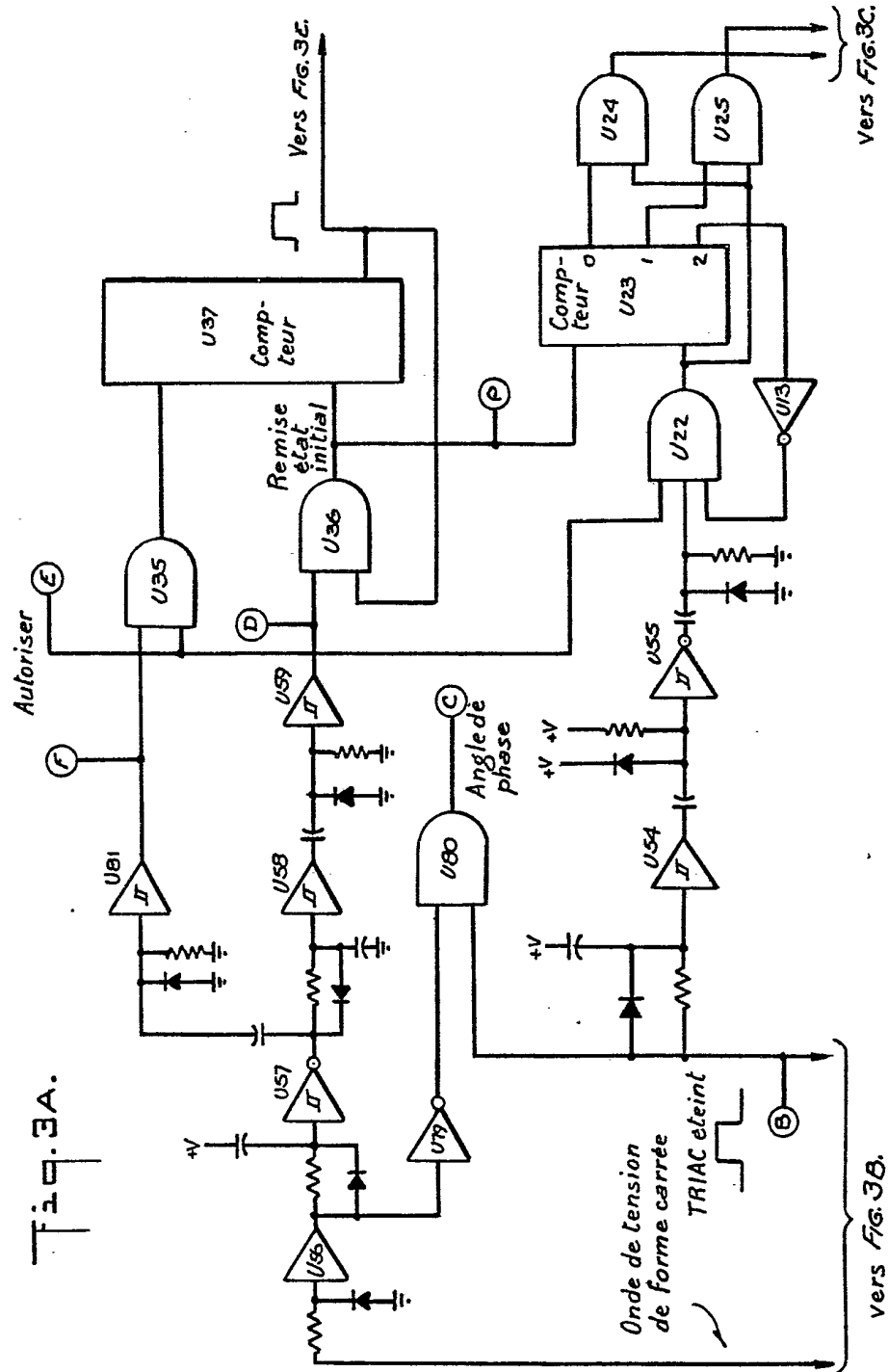
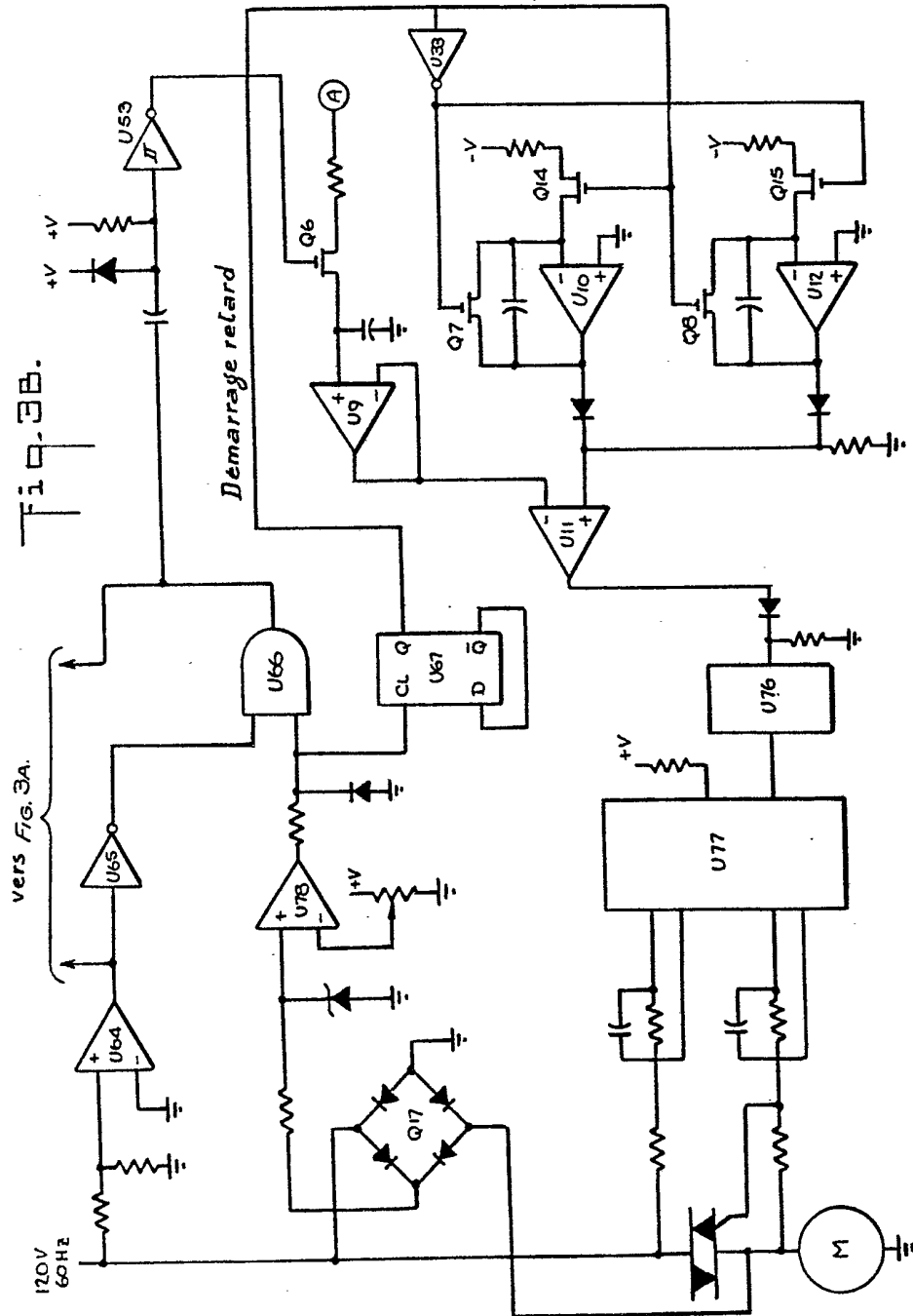
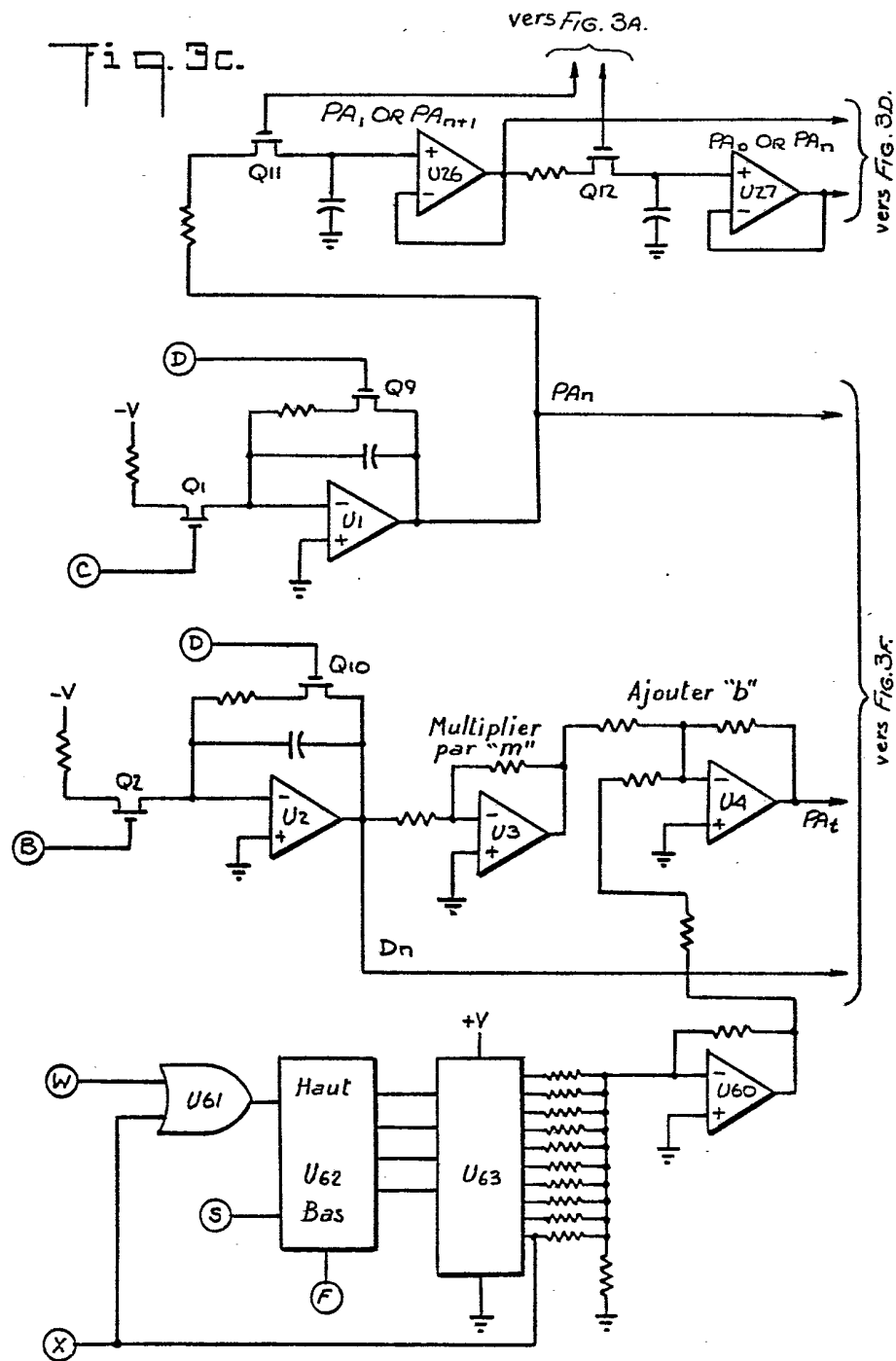


Fig. 3.







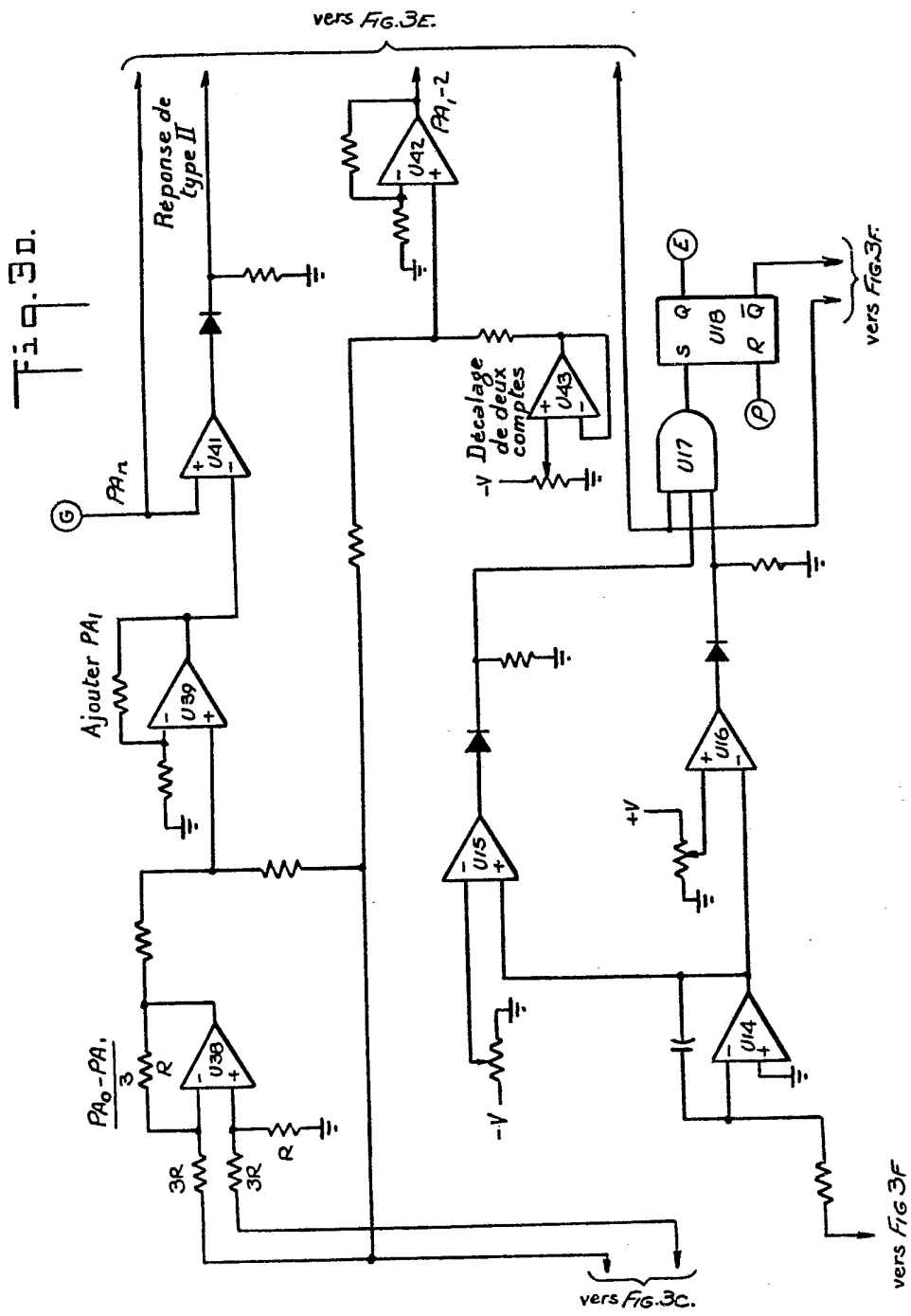


Fig. 3E.

