

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

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

**2 493 630**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 18968**

(54) Dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 02 P 5/00.

(22) Date de dépôt ..... 8 octobre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : URSS, 5 novembre 1980, n° 3001108.

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 18 du 7-5-1982.

(71) Déposant : SUMACHEV Jury Nikolaevich, FOMIN Alexandre Fedorovich et CHALOV Evgeny Ivanovich, résidant en URSS.

(72) Invention de : Jury Nikolaevich Sumachev, Alexandre Fedorovich Fomin et Evgeny Ivanovich Chalov.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

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

DISPOSITIF POUR LA STABILISATION DE LA VITESSE  
DE ROTATION D'UN MOTEUR ELECTRIQUE

L'invention concerne l'électrotechnique, et notamment les dispositifs pour la stabilisation de la vitesse de rotation des moteurs électriques.

Le dispositif faisant l'objet de l'invention peut être appliqué avec efficacité à la stabilisation de la vitesse de rotation des moteurs électriques.

- A l'heure actuelle, les moteurs électriques utilisés dans les systèmes de commande automatique, dans les appareils d'enregistrement, de reproduction et de transmission de l'information, dans les systèmes opto-mécaniques et dans les dispositifs électromécaniques des appareillages radio-électroniques doivent répondre à des prescriptions sévères de stabilité de la vitesse de rotation du rotor en présence de variations du couple de charge, de la tension d'alimentation, de la température et d'autres facteurs déstabilisateurs. Dans les types indiqués d'appareillages, à côté des moteurs synchrones, une grande extension a été donnée aux moteurs à courant continu sans contacts et aux moteurs asynchrones, qui sont de grande fiabilité, ont de bas niveaux de vibrations propres et de bruits acoustiques et une grande vitesse de réponse.
- La série de moteurs électriques, surtout ceux à basse vitesse de rotation (jusqu'à 100 tr/min), par exemple les moteurs destinés à l'entraînement direct du plateau d'un tourne-disques dans les appareillages pour la reproduction de haute qualité du son à partir de disques phonographiques, doivent répondre à des prescriptions extrêmement sévères de stabilité de la vitesse de rotation: la vitesse ne doit pas varier de plus de 0,1%.
- Un inconvénient notable des moteurs électriques mentionnés est la dépendance de leur vitesse de rotation vis-à-vis du couple de charge et de la tension d'alimentation.

- 2 -

Les dispositifs pour la stabilisation de la vitesse de rotation des moteurs électriques doivent assurer une grande précision de stabilisation des vitesses de rotation moyenne et instantanée des moteurs, avoir une réponse rapide et être de grande fiabilité, tout en étant de conception simple.

On connaît des dispositifs pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique, comprenant un capteur tachymétrique (générateur tachymétrique), engendrant une tension alternative ou une succession d'impulsions à fréquence proportionnelle à la vitesse de rotation du rotor du moteur, et un montage électrique de stabilisation, élaborant à partir du signal du capteur tachymétrique une action pour la commande de la vitesse de rotation du moteur, fermant la boucle de contre-réaction et maintenant automatiquement la vitesse de rotation du moteur à une valeur constante.

La stabilisation de la vitesse de rotation des moteurs électriques dans les dispositifs connus s'effectue par comparaison de la durée des impulsions du capteur tachymétrique avec la durée des impulsions d'une source pilote, ou bien par commande du facteur de forme des impulsions de multivibrateurs monostables (cf., par exemple, brevets des Etats-Unis n° 3 241 023, 3 506 901 dans la cl.318-314).

Ces dispositifs connus fonctionnent d'une manière stable quand la vitesse de rotation du moteur est élevée, mais ils n'assurent pas la précision nécessaire de stabilisation des vitesses de rotation moyenne, ni la rapidité voulue de la réponse, ni la stabilisation de la vitesse de rotation instantanée.

Une précision plus élevée de la stabilisation de la vitesse de rotation moyenne est assurée par un système statique connu de stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique (les moteurs à courant

- 3 -

continu dans les dispositifs radio-électroniques, par Dolidze V.Ch., Dorokhin M.P., Moscou, "Sov.radio", 1975, p.30, 31), dans lequel on compare la fréquence du signal d'un capteur tachymétrique à celle d'une source étalon de fréquence de référence, déterminant le réglage du système bouclé de régulation à la vitesse de rotation prescrite (nominale) du moteur. Ensuite, la fréquence différentielle est convertie par un discriminateur de fréquence et de phase et par un redresseur à semiconducteurs en tension continue, qui commande la durée d'un modulateur de durée d'impulsions, en changeant ainsi la valeur moyenne de la tension appliquée au moteur électrique.

Dans ce système il y a une contre-réaction en vitesse de rotation du moteur, grâce à laquelle la vitesse de rotation est maintenue constante dans les limites de l'erreur statique. La précision de stabilisation de la vitesse de rotation moyenne du moteur en régime établi pendant quelques tours de son rotor est déterminée par la stabilité de la source étalon et la valeur de l'erreur statique.

Les inconvénients de ce système statique de stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique sont sa vitesse de réponse peu élevée, l'absence de stabilisation de la vitesse de rotation instantanée (dans les limites d'un tour) et l'augmentation de la valeur de l'erreur statique (différence entre les vitesses de rotation réelle et nominale) avec l'augmentation du couple de charge.

Une précision de stabilisation plus élevée de la vitesse de rotation d'un moteur électrique peut être obtenue à l'aide du système astatique de stabilisation connu (Les moteurs à courant continu dans les dispositifs radio-électroniques, par Dolidze V.Ch., Dorokhin M.P., Moscou, "Sov.radio", 1975, p.31 à 33) comprenant deux régulateurs: un régulateur intégral élaborant un signal

de commande en fonction des variations de la valeur établie du déphasage entre la tension d'un capteur tachymétrique et d'une source de fréquence étalon, et un synchronisateur dégrossisseur dont l'erreur statique se situe dans la 5 gamme de synchronisation à tous les régimes de marche du moteur. Les deux régulateurs fonctionnent en parallèle, aussi les signaux de commande élaborés dans les voies de synchronisation précise et grossière attaquent-ils l'entrée commune d'un modulateur de durée d'impulsions, 10 puis un amplificateur de puissance connecté au moteur.

Le système astatique de stabilisation de la vitesse de rotation supprime l'erreur statique et la dépendance de la vitesse de rotation vis-à-vis du couple de charge pour les vitesses moyennes.

15 La précision de stabilisation de la vitesse de rotation est déterminée par la stabilité de la fréquence étalon, car le système astatique assure la synchronisation du moteur avec la fréquence étalon.

Toutefois le système astatique connu de stabilisation 20 est affecté par une erreur de stabilisation de la vitesse de rotation instantanée du moteur, résultant de l'imprécision de fabrication du modulateur de fréquence, du capteur tachymétrique.

On connaît en outre, un dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur à courant alternatif (Hideo Kakeko. Les tourne-disques à attaque directe. Revue Dempa Kagaku, 1973, n° 6, p.98,99), réalisé en utilisant une source de courant continu en tant que référence dans un système de régulation bouclé et comprenant un capteur tachymétrique fréquentiel, un amplificateur-écrêteur, un différentiateur, un générateur de tension en dents de scie, un circuit de comparaison, à la seconde entrée duquel est connectée la source de courant continu, un filtre passe-bas, un compensateur de phase, 35 un filtre passe-bas actif et un amplificateur de puis-

- 5 -

sance à pont de diodes pour la régulation de la tension alternative, connecté au moteur asynchrone, les composants mentionnés étant associés en série.

Le dispositif élabore une tension de commande proportionnelle à l'erreur statique entre la vitesse de rotation réelle du moteur et sa vitesse de rotation nominale, qui est déterminée par la valeur de la tension de référence.

Le dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique examiné est caractérisé par une réponse insuffisamment rapide, limitée par l'inertie du système de filtres passe-bas et par l'altération de l'uniformité de rotation du moteur due à l'erreur de fréquence du capteur tachymétrique, qui est une conséquence de l'imprécision de sa fabrication (irrégularité du pas des marques de modulation, excentricité et faux-rond du modulateur).

On s'est proposé de créer un dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique dont les circuits seraient conçus de façon telle qu'ils assurerait un abaissement notable de l'influence des erreurs de fabrication des capteurs tachymétriques sur l'uniformité de rotation du moteur, ainsi qu'une réponse plus rapide.

La solution consiste en un dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique, comprenant un capteur tachymétrique fréquentiel, un amplificateur-écrêteur, un différentiateur et un générateur de tension en dents de scie associés en série, ainsi qu'un circuit de comparaison dont la première entrée est attaquée par l'information sur la vitesse de rotation du moteur, une source de tension continue dont la sortie est raccordée à la seconde entrée du circuit de comparaison et un amplificateur de puissance raccordé au moteur électrique et à la sortie du circuit

- 6 -

de comparaison, dispositif dans lequel, d'après l'invention, il est prévu un capteur tachymétrique fréquentiel supplémentaire, son élément sensible étant disposé avec un certain décalage dans le sens de rotation  
5 de l'arbre du moteur par rapport à l'élément sensible du premier capteur tachymétrique et le rôle de son modulateur étant joué par le modulateur du premier capteur tachymétrique, un amplificateur-écrêteur supplémentaire, un différentiateur supplémentaire et un circuit d'échantillonnage-stockage, dont la seconde entrée est raccordée à la sortie du circuit de comparaison, et la sortie,  
10 à l'entrée de l'amplificateur de puissance, tous ces composants supplémentaires étant associés en série.

Pour éllever la précision de stabilisation par diminution de l'erreur statique, il est avantageux de réaliser le raccordement de la sortie du circuit d'échantillonnage-stockage avec l'entrée de l'amplificateur de puissance par l'intermédiaire d'un intégrateur et d'un sommateur associés en série, la seconde entrée du  
20 sommateur étant réunie à l'entrée de l'intégrateur.

Dans un tel montage, le circuit de comparaison peut être branché entre la sortie du circuit d'échantillonnage-stockage et le point de réunion des entrées de l'intégrateur et du sommateur, ou bien entre le  
25 point de réunion des entrées de l'intégrateur et du sommateur et l'entrée de l'intégrateur.

Le dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique réalisé conformément à l'invention assure la stabilisation de la vitesse de  
30 rotation instantanée, un abaissement notable de l'influence des erreurs de fabrication des capteurs tachymétriques sur l'uniformité de rotation du moteur, l'accroissement de la vitesse de réponse de la partie électronique du dispositif.

- 7 -

Dans ce qui suit l'invention est expliquée par la description de variantes de réalisation et par des dessins annexés, dans lesquels:

la figure 1 représente le schéma fonctionnel d'un dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique conforme à l'invention;

la figure 2 représente le schéma constructif de disposition des capteurs tachymétriques différentiels dans le dispositif conforme à l'invention, dans le cas d'utilisation de capteurs du type photoélectrique;

la figure 3 représente le système de la figure 2 en vue de côté;

la figure 4 représente le schéma fonctionnel d'un dispositif comme celui de la figure 1, mais avec un intégrateur et un sommateur supplémentaires;

la figure 5 représente le schéma fonctionnel d'un dispositif comme celui de la figure 4, mais dans lequel le circuit de comparaison est branché à la sortie du circuit d'extraction-stockage;

la figure 6 représente le schéma fonctionnel d'un dispositif comme celui de la figure 4, mais dans lequel le circuit de comparaison est branché à l'entrée de l'intégrateur;

les figures 7a, b, c, d, e, f, g, h sont des diagrammes temporels expliquant le fonctionnement du dispositif représenté par la figure 1, dans lesquels on a porté le temps en abscisses et la tension aux sorties des éléments fonctionnels du dispositif en ordonnées;

les figures 8a, b, c, d, e, f, g, h, k, l sont des diagrammes temporels expliquant le fonctionnement du dispositif représenté par la figure 4, dans lesquels on a porté le temps en abscisses et la tension aux sorties des éléments fonctionnels du dispositif en ordonnées.

- 8 -

Le dispositif (figure 1) pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique 1 comprend deux capteurs tachymétriques 2 et 3, principal et supplémentaire respectivement, avec un modulateur commun (dé-  
5 crit plus loin d'une manière plus détaillée). En série a avec le premier capteur tachymétrique 2 sont branchés un amplificateur-écrêteur 4, un différentiateur 5, un généra-  
teur 6 de tension en dents de scie, un circuit 7 de com-  
paraison des signaux, à la seconde entrée duquel est rac-  
10 cordée une source 8 de tension continue, un circuit 9 d'échantillonnage-stockage du signal analogique et un amplificateur 10 de puissance, raccordé au moteur élec-  
trique 1. En série avec le second capteur tachymétrique 3 sont branchés un amplificateur-écrêteur supplémentaire  
15 11 et un différentiateur supplémentaire 12, celui-ci étant raccordé à l'entrée de commande du circuit 9 d'échantil-  
lonnage-stockage. Le circuit 9 d'échantillonnage-stockage comprend une clé électronique, un condensateur d'accumu-  
lation et un montage servodyne associés en série.

20 Pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur à courant continu, on raccorde l'amplificateur de puissance directement au moteur, comme montré en fi-  
gure 1, et pour la stabilisation de la vitesse de rota-  
tion d'un moteur à courant alternatif, on raccorde l'am-  
25 plificateur au moteur par l'intermédiaire d'un pont de diodes commandé ou d'un autre conformateur quelconque de signal de commande (non représenté sur les dessins).

On peut utiliser dans le dispositif des capteurs tachymétriques fréquentiels de types divers, tels que,  
30 par exemple, les capteurs à induction, inductifs, capaci-  
tifs ou photoélectriques, qui fournissent à la sortie une tension alternative ou impulsionale avec modulation de fréquence respective du flux magnétique, électromagné-  
tique, electrostatique ou lumineux. Le modulateur commun  
35 aux deux capteurs tachymétriques est solidaire de l'arbre

- 9 -

(rotor) tournant du moteur, le pas angulaire de modulation étant un peu plus grand que l'angle de disposition des capteurs.

- A titre d'exemple, on a montré sur les figures 2 5 et 3 la disposition de capteurs tachymétriques photo-électriques. Les capteurs tachymétriques fréquentiels 2 et 3 comprennent une source 13 d'énergie rayonnante, un système optique (lentille) 14, un modulateur 15 solidaire de l'arbre du moteur 1 et deux éléments sensibles:
- 10 les photorécepteurs 16 et 17 respectivement, disposés l'un à côté de l'autre avec un certain décalage relatif dans le sens de rotation du moteur. Le système optique 14 et le modulateur 15 sont montés en série entre la source 13 et les photorécepteurs 16 et 17. Le modulateur 15
  - 15 est réalisé sous la forme d'un disque opaque avec des fentes dont le pas est un peu plus grand que la distance entre les photorécepteurs 16 et 17. La sortie du photorécepteur 16 du premier élément sensible dans le sens de rotation du moteur constitue la sortie du capteur tachymétrique fréquentiel 2, et la sortie du photorécepteur 17 constitue la sortie du capteur tachymétrique fréquentiel 3.

Dans la variante du dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique représenté par la figure 4, à la différence de la variante du dispositif représenté par la figure 1, la liaison de la sortie du circuit 9 d'extraction-stockage avec l'entrée de l'amplificateur 10 de puissance s'effectue par l'intermédiaire d'un intégrateur 18 et d'un sommateur 19 associés en série, la seconde entrée du sommateur 19 étant réunie au point 20 avec l'entrée de l'intégrateur 18.

A la différence de la variante du dispositif représentée par la figure 4, dans le dispositif représenté par

- 10 -

la figure 5 le circuit 7' de comparaison, mis en série avec la source 8 de tension continue, est branché entre la sortie du circuit 9 d'échantillonnage-stockage et le point 20 de réunion des entrées de l'intégrateur 18 et 5 du sommateur 19.

Dans la variante du dispositif de la figure 6, pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique 1, à la différence de la variante du dispositif représentée sur la figure 4, le circuit 7" de comparaison, mis en série avec la source 8 de tension continue, est branché entre le point 20 de réunion des entrées de l'intégrateur 18 et du sommateur 19 et l'entrée de l'intégrateur 18.

Le dispositif représenté par la figure 1 fonctionne 15 de la façon suivante.

Quand l'arbre du moteur 1 tourne, chacune des ouvertures du modulateur 15, montré sur les figures 2 et 3, laisse passer successivement le faisceau lumineux vers les photorécepteurs 16 et 17, aux sorties desquels apparaît une f.e.m. à fréquence de répétition des impulsions égale à la fréquence de modulation du flux lumineux issu de la source 13. Les impulsions de la tension de sortie des capteurs tachymétriques 2 et 3 (figure 7a, b) sont décalées les unes par rapport aux autres d'un temps de retard  $\tau$ , égal au temps nécessaire à l'ouverture de modulation pour parcourir la distance entre les capteurs tachymétriques 2 et 3, distance qui est constante. Le temps de retard  $\tau$  entre les impulsions (figure 7a, b) est constant quand la vitesse de rotation du moteur 1 dont est solidaire le modulateur 15 est constante, et il est inversement proportionnel à la vitesse de rotation du moteur 1 quand cette vitesse varie.

Dans la variante de conception représentée par les 35 figure 2 et 3, le système optique 14 transforme le flux

- 11 -

lumineux de la source ponctuelle 13, située auprès du modulateur 15, en flux lumineux dont le centre fictif de rayonnement se trouve sur l'axe de rotation du modulateur 15, ce qui assure les mêmes conditions de modulation 5 du flux lumineux à chacun des photorécepteurs 16 et 17.

Dans ce cas, les erreurs de fabrication du modulateur 15, telles que l'excentricité, l'inconstance du pas angulaire des ouvertures, ainsi que le faux-rond, n'influent pas sur le temps mis par une même ouverture de modula-10 tion pour passer d'un photorécepteur à l'autre, c'est-à-dire que le temps  $\tau'$  n'est pas influencé par les erreurs de fréquence synchrones des capteurs tachymétriques 2 et 3.

Les signaux issus des capteurs tachymétriques 2 et 3 attaquent respectivement les amplificateurs-écrêteurs 4 15 et 11, puis vont aux différentiateurs 5 et 12, qui transforment les successions de signaux rectangulaires décalées dans le temps en successions d'impulsions positives courtes (figure 7c, d) correspondant aux fronts avant (arrière) des impulsions rectangulaires attaquant les 20 entrées des différentiateurs 5 et 12. Les impulsions courtes (figure 7c) issues du différentiateur 5 attaquent l'entrée du générateur 6 de tension en dents scie, et les impulsions issues du différentiateur 12 (fi- 25 gure 7d) attaquent l'une des entrées du circuit 9 d'échantillonnage-stockage. L'impulsion positive courte issue du différentiateur 5 (figure 7c) met à zéro la tension de sortie du générateur 6, puis quand cette impulsion s'achève, la tension de sortie du générateur 6 monte linéairement jusqu'à l'instant où arrive l'impulsion sui- 30 vante.

De la sorte, le générateur 6 fournit à sa sortie une tension en dents de scie (figure 7e) de fréquence égale à la fréquence de modulation du flux lumineux. Cette tension attaque l'une des entrées du circuit 7 35 de comparaison, dont la seconde entrée est attaquée par

- 12 -

- la tension de référence fournie par la source 8 de tension continue. Le circuit 7 fournit à sa sortie une tension en dents de scie (figure 7f) , qui est décalée par rapport au zéro de la valeur de la tension de référence
- 5       $U_o$  et attaque la seconde entrée du circuit 9 d'échantillonnage-stockage. Celui-ci mémorise la valeur de la tension en dents de scie (figure 7f) à l'instant où sa première entrée est attaquée par l'impulsion courte issue du différentiateur 12 (figure 7d) et conserve cette va-
- 10 leur constante jusqu'à l'arrivée de l'impulsion suivante. La tension issue du circuit 9 (figure 7g) d'échantillonnage- stockage attaque l'entrée de l'amplificateur 10 de puissance, puis va au moteur électrique 1, en bouclant ainsi le circuit de régulation.
- 15      La valeur moyenne de la composante continue de la tension issue du circuit 9 lors de la rotation du moteur 1 en régime établi dépend du niveau de la tension de référence  $U_o$  , de la valeur de laquelle le circuit 7 de comparaison décale la tension en dents de scie issue du
- 20 circuit 9 (figure 7f) par rapport au zéro. La valeur moyenne de la composante continue de la tension à la sortie de l'amplificateur 10 de puissance (figure 7h) détermine la vitesse de rotation nominale du moteur 1.
- Si la tension de référence issue de la source 8 de
- 25 tension continue est réglée à une valeur plus petite que celle déterminant la vitesse de rotation nominale du moteur, la valeur de la composante continue de la tension à la sortie du circuit 9 d'échantillonnage-sto-
- ckage (figure 7f) augmente, ce qui provoque une augmen-
- 30 tation de la vitesse de rotation nominale du moteur 1, et cette vitesse sera maintenue constante dans les li-
- mites de l'erreur établie. Si la tension de référence est réglée à une valeur plus grande, c'est le processus inverse , qui se déroule.
- 35      La stabilisation de la vitesse de rotation du mo-  
teur électrique s'effectue de la façon suivante.

- 13 -

Quand des facteurs extérieurs agissent, par exemple quand le couple  $C$  de charge du moteur 1 diminue, ou bien quand la tension d'alimentation du moteur 1 augmente, sa vitesse de rotation augmente. Il s'ensuit une augmentation en conséquence de la fréquence de modulation du flux lumineux, de la fréquence de succession des impulsions à la sortie des capteurs tachymétriques 2 et 3 (figure 7a, b) et de la fréquence de déclenchement du générateur 6, tandis que le temps  $\tau$  de retard entre les successions d'impulsions courtes aux sorties des différentiateurs 12 et 5 (figure 7d) diminue. Etant donné que la vitesse de montée linéaire de la tension en dents de scie (figure 7e) à la sortie du générateur 6 reste constante quand la fréquence de son déclenchement par le différentiateur 5 augmente, tandis que l'intervalle de temps entre le déclenchement du générateur 6 et l'instant où la valeur actuelle de la tension en dents de scie (figure 7f) est mémorisée par le circuit 9 d'échantillonnage-stockage, déterminé par l'instants d'arrivée de l'impulsion venant du différentiateur 12 (figure 7d), diminue, le niveau de la tension (figure 7g) à la sortie du circuit 9 baisse. Il s'ensuit une diminution en conséquence de la tension à la sortie de l'amplificateur 10 de puissance (figure 7h) et de la vitesse de rotation du moteur 1, laquelle tendra à reprendre sa valeur nominale.

Si le couple de charge du moteur 1 augmente, en provoquant un abaissement de sa vitesse de rotation, c'est le processus inverse qui se déroule, car la tension à la sortie du dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation du moteur électrique est une fonction directe du temps de retard entre les successions d'impulsions issues des capteurs tachymétriques.

De la sorte, le circuit bouclé de régulation par variation de la tension appliquée au moteur 1 compense

- 14 -

les variations de sa vitesse de rotation dues à l'action des facteurs extérieurs, en la maintenant stable dans les limites de l'erreur statique admissible.

La variante du dispositif représentée par la figure 5 fonctionne d'une manière analogue à celle décrite pour le dispositif représenté par la figure 1, en four-  
nissant des impulsions rectangulaires (figure 8a, b) aux sorties des amplificateurs-écrêteurs 4 et 11, des impulsions courtes aux sorties des différentiateurs 5  
10 et 12 (figure 8c, d), une tension en dents de scie à la sortie du générateur 6 de tension en dents scie (figure 8e), une tension en dents de scie décalée par rapport au zéro de la valeur de la tension de référence  $U_0$  à la sortie du circuit 7 de comparaison (figure 8f)  
15 et une tension en échelons à la sortie du circuit 9 d'échantillonnage-stockage (figure 8g).

La tension issue du circuit 9 d'échantillonnage-  
stockage (figure 8g) attaque l'une des deux entrées du sommateur 19, celle réunie à l'entrée de l'intégrateur 20 18 du point 20, et, simultanément, l'entrée de l'inté-  
grateur 18, dont la sortie est raccordée à la seconde entrée du sommateur 19. L'intégrateur 18 fournit à sa sortie: une tension croissante proportionnelle à la constante d'intégration quand son entrée est attaquée  
25 par une tension positive; une tension à décroissance constante quand son entrée est attaquée par une tension négative; et une tension invariable quand la tension à son entrée est nulle. Le sommateur 19 additionne les tensions de sortie du circuit 9 d'échantillonnage-sto-  
ckage (figure 8g) et de l'intégrateur 18 (figure 8h). La tension issue du sommateur 19 (figure 8k) attaque l'entrée de l'amplificateur 10 de puissance, puis va au moteur 1 en bouclant le circuit de régulation.

La valeur de la tension de référence de la source 8  
35 détermine la vitesse de rotation nominale du moteur 1 à

laquelle est réglé le circuit bouclé de régulation.

Si la tension de référence issue de la source 8 de tension continue est réglée à une valeur plus petite que celle déterminant la vitesse de rotation nominale du moteur, la valeur de la composante continue de la tension à la sortie du circuit 9 d'échantillonnage-stockage (figure 8g) augmente, la tension à la sortie de l'intégrateur 18 (figure 8h) croît en continu, ce qui provoque une croissance continue de la tension à la sortie du sommateur 19 et de l'amplificateur 10 de puissance (figure 8k, 1).

La croissance de la tension appliquée au moteur 1 provoque l'augmentation de sa vitesse de rotation et, en conséquence, une diminution du temps  $\tau$  de retard entre les successions d'impulsions aux sorties des capteurs tachymétriques 2 et 3 (figure 8a, b) et de la tension à la sortie du circuit 9 d'échantillonnage-stockage (figure 8g).

Quand la tension de sortie du circuit 9 devient nulle, l'intégrateur 18 cesse l'intégration, sa tension de sortie reste constante et, par conséquent, la tension appliquée au moteur 1 à partir de l'amplificateur 10 reste constante, ainsi que la vitesse de rotation du moteur 1.

Si la tension de référence est réglée à une valeur plus grande, c'est le processus inverse qui se déroule.

La stabilisation de la vitesse de rotation du moteur électrique s'effectue de la façon suivante.

Quand des facteurs extérieurs agissent, par exemple quand le couple C de charge du moteur 1 augmente, ou bien quand la tension d'alimentation du moteur 1 diminue, sa vitesse de rotation, la fréquence de répétition des impulsions aux sorties des capteurs tachymétriques 2 et 3 (figures 8a, b) et la fréquence de déclenchement du générateur 6 (figure 8e) diminuent, tandis que le temps de retard  $\tau$  entre les successions d'impulsions courtes aux sorties des différentiateurs 12 et 5 (figure 8c, d) augmente. Etant donné que la vitesse de montée linéaire

de la tension en dents de scie (figure 8e) à la sortie du générateur 6 reste constante quand la fréquence de son déclenchement par le différentiateur 5 change, tandis que l'intervalle de temps entre le déclenchement du génératrice 6 et l'instant où la valeur actuelle de la tension en dents de scie (figure 8f) est mémorisée par le circuit 9 d'échantillonnage-stockage, déterminé par l'instant d'arrivée de l'impulsion venant du différentiateur 12 (figure 8d), augmente, le niveau de la tension (figure 8g) à la sortie du circuit 9, inversement proportionnel à l'écart par rapport à la vitesse de rotation nominale réelle, augmente par incrément. A la sortie de l'intégrateur 18, la tension (figure 8h) commence à croître en continu, ce qui provoque la croissance de la tension à la sortie du sommateur 19 et de l'amplificateur 10 de puissance (figure 8k, l). La croissance de la tension appliquée au moteur 1 provoque l'augmentation de la vitesse de rotation de son rotor, qui surmonte le couple de charge, ainsi que, en conséquence, la diminution du temps de retard entre les successions d'impulsions aux sorties des capteurs tachymétriques 2 et 3 (figure 8a, b) et de la tension à la sortie du circuit 9 d'échantillonnage-stockage (figure 8g).

Quand le niveau de la tension de sortie du circuit 9 atteint zéro, c'est-à-dire quand les vitesses de rotation réelle et nominale coïncident, les tensions de sortie de l'intégrateur 18 et du sommateur 19, la tension appliquée au moteur 1 à partir de l'amplificateur 10 et la vitesse de rotation du moteur 1 restent constantes.

Si le couple de charge du moteur 1 diminue, en faisant augmenter sa vitesse de rotation, c'est le processus inverse qui se déroule et produit un abaissement de la tension appliquée au moteur 1 jusqu'à ce que la vitesse réelle et la vitesse nominale de rotation du moteur 1 coïncident.

- 17 -

De la sorte, le circuit bouclé de régulation par variation de la tension appliquée au moteur 1 compense les variations de sa vitesse de rotation dues à l'action des facteurs extérieurs, en la maintenant stable, le dé-  
 5 saccord entre les vitesses de rotation réelle et nominale tendant vers zéro, c'est-à-dire que la variante du dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique représentée par la figure 4 assure une stabilisation plus précise que le dispositif repré-  
 10 senté par la figure 1.

Dans le dispositif représenté par la figure 5, la comparaison de la tension directement proportionnelle au temps de retard entre les successions d'impulsions aux sorties des capteurs tachymétriques 2 et 3 avec la  
 15 tension de référence s'effectue à la sortie du circuit 9 d'échantillonnage-stockage . Dans ce cas, la tension de sortie du circuit 9 d'échantillonnage-stockage est inversement proportionnelle à la vitesse de rotation réelle du moteur 1, et la valeur dont la tension de sortie du  
 20 circuit de comparaison 7' diffère de zéro est proportionnelle à l'écart, pris avec le signe contraire, de la vitesse de rotation réelle par rapport à la vitesse de rotation nominale.

Dans le dispositif représenté par la figure 6, la  
 25 tension à la sortie du circuit 9 d'échantillonnage-stockage , directement proportionnelle au temps de retard entre les successions d'impulsions aux sorties des capteurs tachymétriques 2 et 3, est additionnée à la tension de sortie de l'intégrateur 18, dont l'entrée est attaquée par  
 30 la tension résultant de la comparaison de la tension de sortie du circuit 9 d'échantillonnage-stockage et de la tension de référence de la source 8, effectuée par le circuit 7".

Dans ce cas, la tension de sortie du circuit 9  
 35 d'échantillonnage-stockage est inversement proportion-

- 18 -

nelle à la vitesse de rotation réelle du moteur 1, et la tension de sortie du circuit 7" de comparaison est conditionnée par l'écart de la vitesse de rotation réelle par rapport à la vitesse nominale.

5 Dans le cas d'utilisation, dans les dispositifs conformes à l'invention, de capteurs tachymétriques du type à induction, la source de flux magnétique est une bobine alimentée en courant continu ou un aimant permanent, le modulateur est une pièce multipolaire à différentes pér-méances ou un aimant multipolaire, et l'élément sensible du capteur tachymétrique est une bobine, à la sortie de laquelle la f.é.m. a une fréquence multiple de la vitesse de rotation du moteur.

Le dispositif faisant l'objet de l'invention a une 15 réponse bien plus rapide que celle des dispositifs connus pour usages analogues; l'erreur de fabrication des capteurs tachymétriques n'a pas d'influence sur la précision de stabilisation. Le dispositif stabilise la vitesse de rotation instantanée des moteurs lents, en assurant une 20 rotation pratiquement uniforme avec un plateau à inertie relativement faible.

L'efficacité technique des dispositifs représentés par les figures 4, 5 et 6 est conditionnée par leur précision bien plus élevée de stabilisation de la vitesse 25 de rotation du moteur. Ainsi, par exemple, une variation de la charge provoquant dans le cas d'emploi du dispositif représenté par la figure 1 un écart de la vitesse de rotation réelle par rapport à la vitesse nominale de 1%, ne provoque dans le cas d'emploi des dispositifs 30 représentés par les figures 4, 5 et 6, qu'un écart ne dépassant pas 0,05%.

Pour la précision de stabilisation de la vitesse de rotation du moteur, les variantes du dispositifs représentées par les figures 4 à 6 sont pratiquement

- 19 -

équivalentes. Toutefois, la variante de la figure 4 est de réalisation quelque peu plus simple. Par contre, les variantes des figures 5 et 6 sont d'utilisation plus commode, vu qu'elles prévoient le branchement d'appareils 5 de contrôle enregistrant la vitesse de rotation réelle du moteur et son écart par rapport à la vitesse nominale.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique, comprenant un capteur tachymétrique fréquentiel (2), un amplificateur-écrêteur (4), un différentiateur (5) et un générateur (6) de tension en dents de scie associés en série, ainsi qu'un circuit (7) de comparaison dont la première entrée est attaquée par l'information sur la vitesse de rotation du moteur (1), une source (8) de tension continue dont la sortie est raccordée à la seconde entrée du circuit (7) de comparaison et un amplificateur (10) de puissance raccordé au moteur électrique (1) et à la sortie du circuit (7) de comparaison, caractérisé en ce qu'il est prévu un capteur tachymétrique fréquentiel (3) supplémentaire, son élément sensible étant disposé avec un certain décalage dans le sens de rotation de l'arbre du moteur (1) par rapport à l'élément sensible du premier capteur tachymétrique (2) et le rôle de son modulateur étant joué par le modulateur (15) du premier capteur tachymétrique (2), un amplificateur-écrêteur (11) supplémentaire, un différentiateur (12) supplémentaire et un circuit (9) d'échantillonnage-stockage, dont la seconde entrée est raccordée à la sortie du circuit (7) de comparaison, et la sortie, à l'entrée de l'amplificateur (10) de puissance, tous ces composants supplémentaires étant associés en série.

2. Dispositif pour la stabilisation de la vitesse de rotation d'un moteur électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le raccordement de la sortie du circuit (9) d'échantillonnage-stockage avec l'entrée de l'amplificateur (10) de puissance est réalisé par l'intermédiaire d'un intégrateur (18)

- 21 -

et d'un sommateur (19) associés en série, la seconde entrée du sommateur (19) étant réunie à l'entrée de l'intégrateur (18).

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le circuit (7) de comparaison peut être branché entre la sortie du circuit (9) d'échantillonnage-stockage et le point (20) de réunion des entrées de l'intégrateur (18) et du sommateur (19).

4. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le circuit (7) de comparaison est connecté entre le point (20) de réunion des entrées de l'intégrateur (18) et du sommateur (19) et l'entrée de l'intégrateur (18).

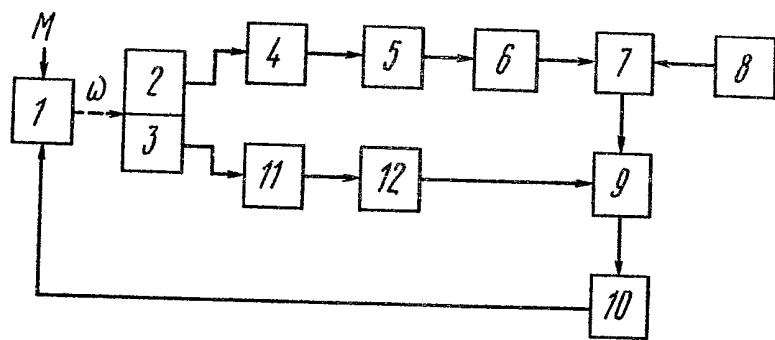


FIG. 1

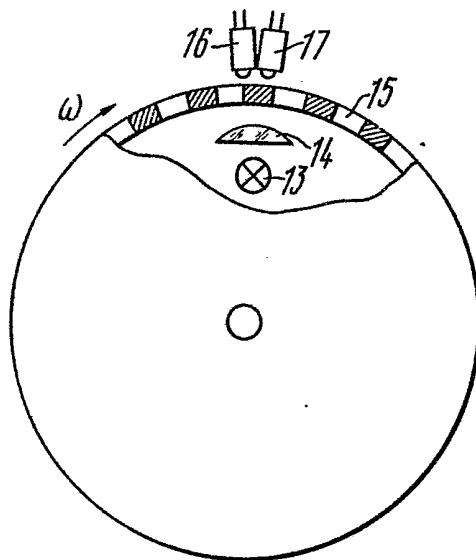


FIG. 2

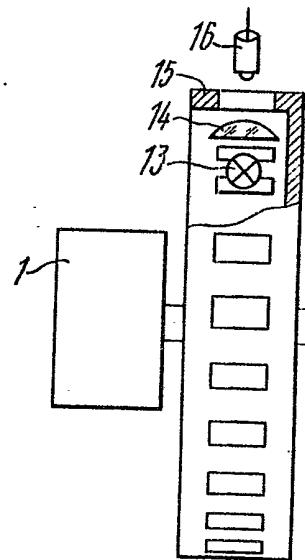


FIG. 3

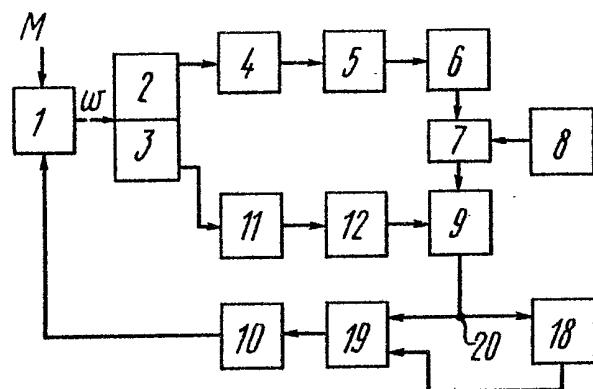


FIG. 4

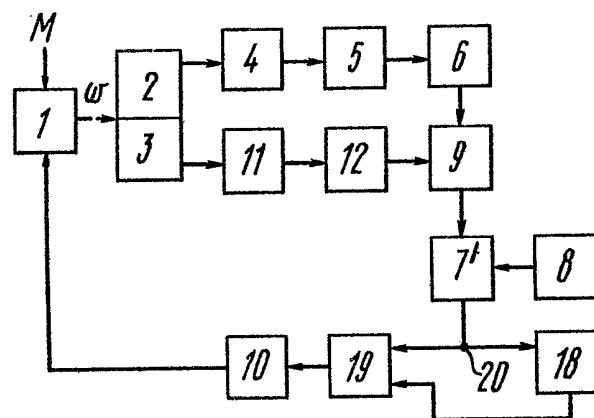


FIG. 5

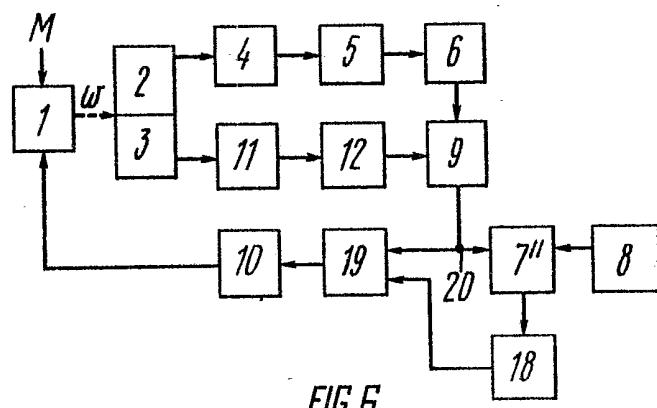


FIG. 6

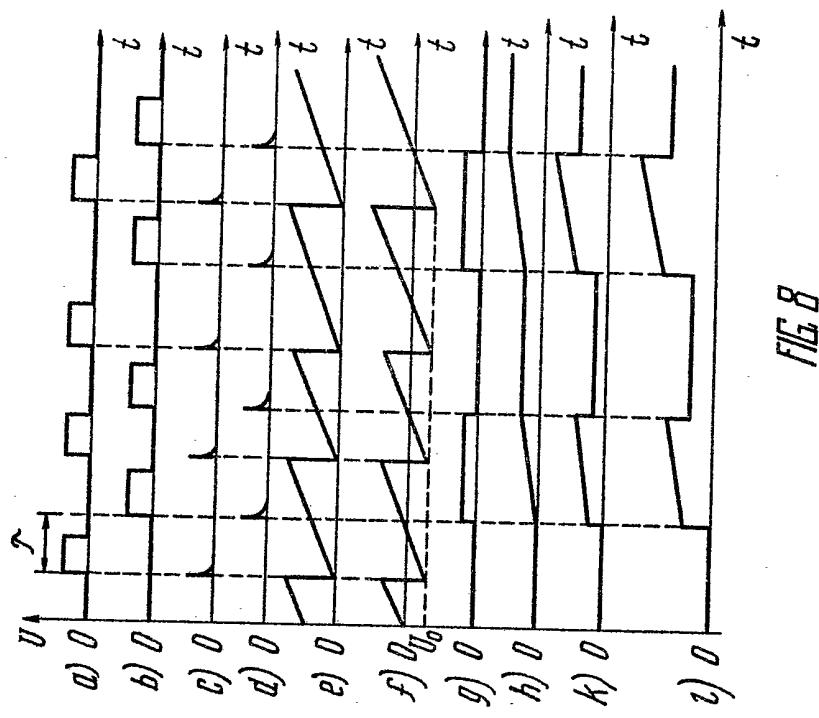


FIG. 8

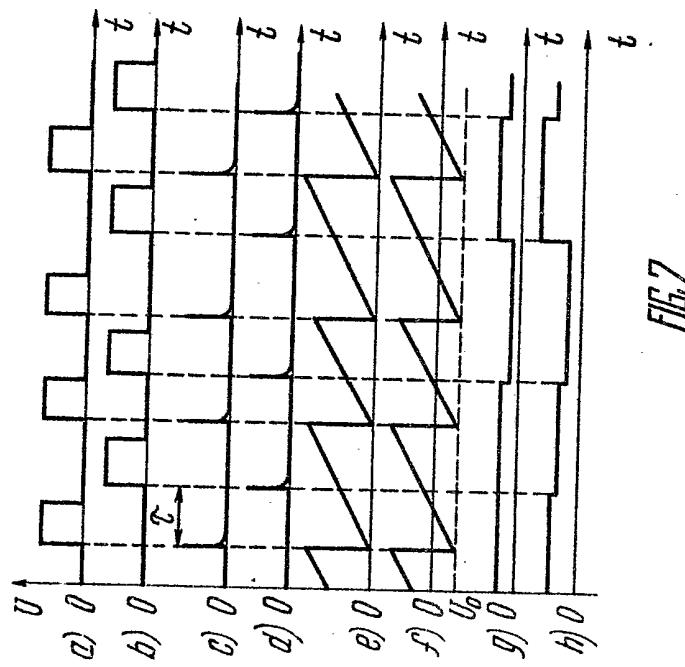


FIG. 7