

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 26416

(54) Circuit d'asservissement numérique en fonction de la fréquence.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 05 B 11/26; G 05 D 13/62.

(22) Date de dépôt..... 12 décembre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 24 du 18-6-1982.

(71) Déposant : Société anonyme dite : SOCIÉTÉ POUR L'ÉTUDE ET LA FABRICATION DES
CIRCUITS INTÉGRÉS SPÉCIAUX (EFCIS), résidant en France.

(72) Invention de : Jacques Prunier et Bruno Roussel.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Thomson-CSF, Michel Guérin, SCPI,
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.

- 1 -

CIRCUIT D'ASSERVISSEMENT NUMERIQUE EN FONCTION DE
LA FREQUENCE

La présente invention concerne un circuit d'asservissement apte à établir une information numérique variable en fonction d'une différence entre une fréquence de mesure et une fréquence de consigne.

5 Ce circuit est destiné à être incorporé à une boucle de régulation dans laquelle le paramètre de régulation est une fréquence et dans laquelle on veut autant que possible que tous les éléments soient numériques et à réglage numérique.

10

En particulier, on a cherché à réaliser une boucle de régulation numérique de la vitesse d'un moteur, la régulation se faisant en détectant la vitesse par un capteur tachymétrique délivrant une fréquence proportionnelle à la vitesse, en comparant cette fréquence à une fréquence de consigne, et en traitant l'écart de fréquences de manière à produire un signal de valeur numérique fonction de cet écart et agissant sur le réglage de la puissance appliquée au moteur (par une modification d'angle de phase d'attaque d'un triac ou de rapport cyclique de conduction d'un transistor par exemple).

La présente invention s'intéresse plus spécialement à la partie d'asservissement permettant de produire une valeur numérique de sortie (commandant directement un réglage de puissance) en fonction d'un écart de fréquences.

Le circuit destiné à réaliser cette fonction ne peut être constitué comme la plupart des circuits de régulation par une succession d'éléments réalisant simplement une combinaison d'une fonction proportionnelle, d'une fonction intégrale, et d'une fonction dérivée de

- 2 -

l'écart de fréquences. En effet, c'est là la solution qui viendrait tout naturellement à l'esprit si la grandeur d'entrée était un écart de tensions par exemple. Au contraire, il s'agit là d'un écart de fréquences.

5 On peut alors effectuer la transposition en calculant une proportionnelle, une intégrale et une dérivée de l'écart de fréquences, mais, comme les coefficients de proportionnalité doivent être variables, on aboutit vite à une grande complexité de circuits.

10 Une autre solution venant à l'esprit serait de convertir les fréquences en tension, et de faire la régulation en fonction d'un écart de tension. Mais, cette solution présente les inconvénients des conversions numériques/analogiques qu'on veut éviter dans
15 l'ensemble de la boucle en conservant une régulation numérique d'un bout à l'autre.

 Pour réaliser le circuit d'asservissement, la présente invention propose une combinaison d'éléments qui, sans constituer effectivement une régulation à fonction proportionnelle intégrale et dérivée, en présente
20 pourtant les caractères essentiels avec l'avantage d'une grande simplicité de structure.

 Le circuit d'asservissement selon l'invention, apte à produire une valeur numérique fonction
25 d'une différence entre une fréquence de mesure et une fréquence de consigne, en vue notamment de la commande numérique de la vitesse d'un moteur, est caractérisé par le fait qu'il comporte :

 - un compteur-décompteur recevant en comptage la fréquence de consigne et en décomptage la fréquence de mesure,

 - un comparateur logique de périodes recevant les deux fréquences et fournissant à sa sortie un signal indiquant si la fréquence de consigne est supérieure,
35 égale ou inférieure à la fréquence de mesure.

- 3 -

- un additionneur logique recevant les signaux de sortie du compteur-décompteur et du comparateur et fournissant à sa sortie une valeur numérique qui est une fonction du type $K1 \times (\text{contenu du compteur}) + K2 \times \text{signal}$ de sortie du comparateur,

- un limiteur placé en sortie de l'additionneur et limitant la valeur de sortie de celui-ci à une valeur inférieure minimale et à une valeur supérieure maximale, la valeur numérique de sortie de l'additionneur, limitée par le limiteur, constituant le signal de commande numérique de sortie du circuit d'asservissement.

Ce circuit est relativement simple et permet un asservissement efficace en fréquence, avec une bonne précision grâce à la fonction intégrale réalisée par le compteur-décompteur, une rapidité de réponse élevée grâce au comparateur, et un bon comportement dans les régimes transitoires grâce au limiteur qui agit comme une butée lors des variations trop brusques de fréquence de mesure ou de consigne.

De préférence, les valeurs minimale et maximale du limiteur sont modifiables par action sur une entrée appropriée du limiteur, le réglage étant fait en fonction de la fréquence de consigne. En pratique, deux groupes de valeurs limites seulement peuvent être prévus, l'un correspondant à des fréquences de consigne élevées, l'autre correspondant à des fréquences de consigne basses.

Pour assurer un bon fonctionnement du compteur-décompteur, on prévoit un organe de synchronisation recevant la fréquence de mesure et un multiple de la fréquence de consigne pour synchroniser la fréquence de mesure sur ce multiple en amont du compteur-décompteur.

Les coefficients $K1$ et $K2$ de l'asservissement sont réglables numériquement par action sur l'additionneur logique pour modifier la réponse de l'asservissement.

- 4 -

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit et qui est faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

5 - la figure 1 représente un schéma général d'une boucle de régulation dans laquelle le circuit selon l'invention est utilisé ;

 - la figure 2 représente un schéma plus détaillé du circuit selon l'invention,

10 Pour réguler la vitesse d'un moteur électrique 10, on utilise un asservissement en fréquence à partir d'un capteur tachymétrique 12 qui élabore une fréquence f_x directement proportionnelle à la vitesse du moteur et à partir d'un circuit 14 élaborant une
15 fréquence de consigne f_c représentant la valeur théorique de vitesse que doit atteindre le moteur 10. Le circuit 14 est par exemple incorporé à un programmateur de machine et il délivre une fréquence de consigne f_c qui est fonction du travail à accomplir par la machine.

20 L'écart entre les fréquences de mesure et de consigne f_x et f_c est le paramètre de régulation de l'asservissement.

 Cet écart de fréquence $f_c - f_x$ est traité directement sous forme numérique, sans conversion
25 fréquence-tension, pour établir une valeur numérique de réglage d'un circuit de commande numérique de puissance du moteur 10. Par exemple, le moteur 10 est alimenté à travers un transistor de puissance et le réglage numérique agit sur le rapport cyclique de conduction du
30 transistor. Le moteur peut aussi être alimenté à travers un triac, et le réglage numérique agit alors sur l'angle de phase de conduction du triac.

 Le circuit d'asservissement proprement dit comprend donc un compteur-décompteur 16 qui reçoit sur
35 une entrée de comptage la fréquence de consigne f_c et

- 5 -

sur une entrée de décomptage, la fréquence de mesure f_x ; le contenu du compteur représente donc, à un instant donné l'intégrale temporelle de la différence des fréquences f_c et f_x .

- 5 Le circuit comprend également un comparateur de fréquences 18 qui reçoit sur une entrée la fréquence f_x et sur l'autre la fréquence f_c , et qui établit un signal indiquant si la différence des fréquences est positive, négative, ou nulle. En réalité, le comparateur
10 18 compare les périodes respectives de f_x et f_c ; il possède trois sorties correspondant respectivement à $f_c - f_x$ positif, $f_c - f_x$ négatif, ou $f_c - f_x$ nul.

Les sorties du comparateur 18, et celles du compteur 16, sont connectées à un circuit d'addition
15 logique 20, qui réalise une combinaison des signaux numériques provenant du compteur et des signaux numériques provenant du comparateur, combinaison ayant la forme : $K_1 \int (f_c - f_x) dt + K_2 (f_c - f_x)$

- Dans cette combinaison, les coefficients
20 K_1 et K_2 sont des valeurs numériques réglables, et le signal de sortie de l'additionneur logique 20 est un signal numérique représentant la somme d'une fonction intégrale de l'écart des fréquences d'entrée et d'un nombre dépendant essentiellement du signe de l'écart
25 des fréquences.

- Le signal numérique de sortie de l'additionneur logique 20 est appliqué à un limiteur 22 qui écrête par valeur supérieure et par valeur inférieure le signal de manière à le conserver dans un intervalle donné.
30 Cette fonction de limitation prend son sens lors des régimes transitoires où on ne veut pas qu'un écart de fréquence variant brusquement entraîne une saturation brutale de l'asservissement. Le signal de sortie limité par le limiteur 22 est appliqué à l'organe de commande
35 de puissance 24 du moteur 10.

- 6 -

Les valeurs limites déterminées par le limiteur 22 sont en principe fixes mais peuvent être modifiées par une commande appropriée. Dans l'exemple décrit plus précisément, on a prévu deux entrées de commande H,B qui proviennent du circuit d'élaboration de consigne 14 et qui permettent de choisir deux couples de valeurs limites différents selon que la fréquence de consigne est grande ou faible : l'entrée H permet de choisir l'un des couples de valeurs lorsque la fréquence de consigne est élevée ; l'entrée B permet de choisir l'autre couple de valeurs lorsque la fréquence de consigne est basse.

On peut noter que le compteur-décompteur doit avoir une capacité suffisante pour absorber toute la dynamique possible de l'écart de fréquence $f_c - f_x$ intégré pendant la durée de réaction de l'asservissement à une variation de cet écart. Il faut en effet, que lorsqu'il y a un écart de fréquence d'amplitude déterminée, cet écart ait le temps de revenir à zéro avant que la capacité du compteur, qui intègre les impulsions venant de cet écart de fréquences, ne soit dépassée. Si cette capacité était dépassée, on aurait en effet un phénomène de fausse consigne apparente.

En ce qui concerne le comparateur, on verra que pour avoir plus de résolution, on effectue la comparaison de fréquences à partir de la fréquence de mesure f_x et d'un multiple de la fréquence de consigne f_c .

Les coefficients K_1 et K_2 de la fonction de combinaison réalisée par l'additionneur logique 20 sont des coefficients du type 2^P , P étant un entier positif ou négatif. La sortie de l'additionneur logique 20 est une sortie à q chiffres binaires, de même que la sortie du limiteur 22 ; toutefois on peut utiliser seulement

- 7 -

les chiffres les plus significatifs de cette sortie pour régler la puissance transmise au moteur 10.

La figure 2 montre selon un schéma un peu plus détaillé la manière dont sont utilisées les fréquences f_x et f_c pour établir la fonction d'asservissement souhaitée.

Tout d'abord un oscillateur 26 sert à établir une fréquence de référence F_0 à partir de laquelle est engendrée la fréquence de consigne f_c .

10 Pour cela, un convertisseur de fréquence reçoit la fréquence F_0 d'une part et des ordres sous forme numérique d'autre part ; ce convertisseur 28 produit une fréquence proportionnelle à la fréquence de base F_0 , le coefficient de proportionnalité étant choisi en
15 fonction des ordres numériques reçus. La fréquence de sortie 28 du convertisseur est une fréquence de consigne, ou plus exactement c'est un multiple de la fréquence de consigne proprement dite, c'est-à-dire celle qui représente la vitesse à atteindre par le
20 moteur 10. La fréquence de sortie du convertisseur 28 peut s'exprimer sous la forme $A f_c$ et elle sera divisée ultérieurement par le coefficient A pour produire la fréquence f_c comparable à la fréquence de mesure f_x .

Les fréquences f_x et $A f_c$ sont synchronisées
25 dans un circuit de synchronisation 30 afin de faciliter ensuite le comptage et le décomptage dans le compteur 16 (pour éviter notamment des coïncidences d'impulsions de comptage et de décomptage) sur les entrées du compteur 16). Cette synchronisation est facile puisque f_x est une
30 fréquence largement inférieure à $A f_c$.

Après synchronisation, la fréquence $A f_c$ est divisée dans le diviseur 32 et est amenée à l'entrée de comptage du compteur 16, alors que la fréquence f_x est amenée à l'entrée de décomptage.

35 D'autre part, le comparateur de fréquence 18,

- 8 -

qui fournit à sa sortie une information sur le signe de $f_c - f_x$, est en réalité un comparateur de périodes, et il reçoit non pas f_x et f_c mais f_x et A_{fc} pour avoir plus de résolution ; la comparaison s'effectue par comptage du nombre d'impulsions A_{fc} dans une période de f_x .

On a ainsi décrit un circuit d'asservissement entièrement numérique qui ne nécessite aucune conversion en tension des fréquences servant de paramètre de régulation ; cette réalisation entièrement numérique permet non seulement d'obtenir une stabilité à long terme du circuit, mais aussi d'avoir une possibilité de dosage numérique des gains des différentes composantes de l'asservissement, ainsi qu'une possibilité de programmation des consignes de fréquence (dans une mémoire morte programmable).

REVENDICATIONS

1. Circuit d'asservissement apte à produire une valeur numérique fonction d'une différence entre une fréquence de mesure et une fréquence de consigne, en vue notamment de la commande numérique de la vitesse d'un moteur, 5 caractérisé par le fait qu'il comporte :

- un compteur-décompteur recevant en comptage la fréquence de consigne et en décomptage la fréquence de mesure,

- un comparateur de périodes recevant les deux 10 fréquences et fournissant à sa sortie un signal indiquant si la fréquence de consigne est supérieure, inférieure ou égale à la fréquence de mesure.

- un additionneur logique recevant les signaux de sortie du compteur-décompteur et du comparateur et four- 15 nissant à sa sortie une valeur numérique qui est une fonction du type $K1 \times (\text{contenu du compteur}) + K2 \times \text{signal de sortie du comparateur}$,

- un limiteur placé en sortie de l'additionneur et limitant la valeur de sortie de celui-ci à une valeur 20 inférieure minimale et une valeur supérieure maximale, la valeur numérique en sortie de l'additionneur, limitée par le limiteur, constituant le signal de commande numérique de sortie du circuit d'asservissement.

2. Circuit d'asservissement selon la revendica- 25 tion 1, caractérisé par le fait que les valeurs minimale et maximale du limiteur sont modifiables par action sur une entrée appropriée du limiteur, le réglage étant fait en fonction de la fréquence de consigne.

3. Circuit d'asservissement selon l'une des revendi- 30 cations 1 et 2 caractérisé par le fait qu'il est prévu un organe de synchronisation recevant la fréquence de mesure et un multiple de la fréquence de consigne pour synchroniser la fréquence de mesure sur ce multiple en amont du compteur-décompteur et du comparateur.

- 10 -

4. Circuit d'asservissement selon l'une des revendications 1 à 3 que les coefficients K1 et K2 de l'additionneur logique peuvent être modifiés numériquement.

1/2

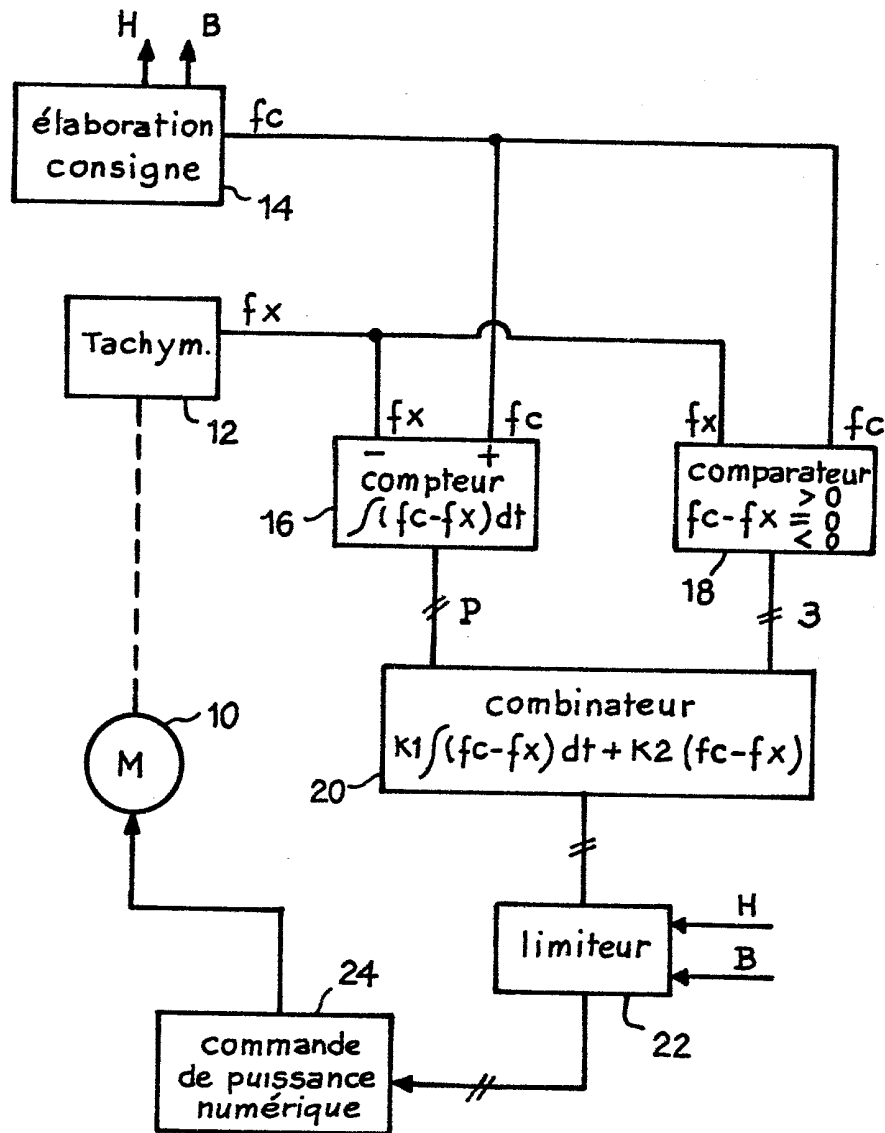


Fig. 1

2/2

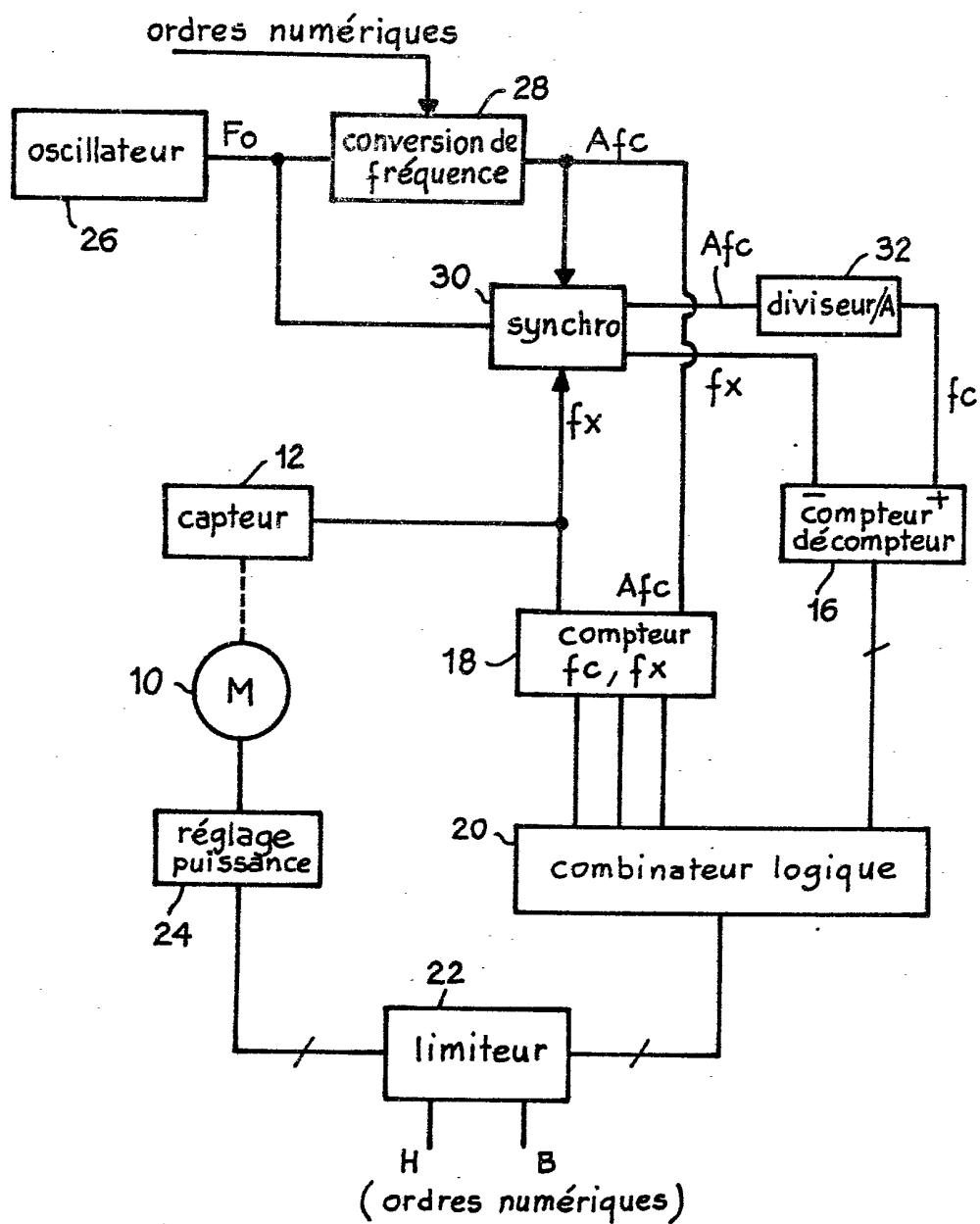


Fig.2