

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

SERVICE

de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE


BREVET D'INVENTION

P. V. n° 70.010

N° 1.493.681

Classification internationale :

H 03 b

Générateur de signaux électriques sinusoïdaux à basse fréquence et à très basse fréquence. (Invention : Roger CHARBONNIER.)

Société dite : ADRET-ELECTRONIQUE résidant en France (Seine).

Demandé le 20 juillet 1966, à 12^h 5^m, à Paris.

Délivré par arrêté du 24 juillet 1967.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 35 du 1^{er} septembre 1967.)

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

La présente invention se rapporte aux générateurs de signaux sinusoïdaux couvrant des gammes multiples comportant à la fois des basses fréquences, désignées ci-après « BF », (c'est-à-dire des fréquences inférieures à une vingtaine de kilohertz, cet ordre de grandeur n'étant donné qu'à titre indicatif) et des très basses fréquences, désignées ci-après « TBF » (par exemple, comprises entre 0,001 Hz et 10 Hz, valeurs non limitatives).

En vue de certaines applications et en particulier, des opérations de contrôle et de réglage de processus automatiques de fabrication à partir d'informations numériques issues d'un générateur de programme, on a besoin de disposer de tels générateurs qui soient « programmables », c'est-à-dire dont la fréquence puisse être réglée automatiquement à partir desdites informations numériques.

Le problème de la production d'une gamme BF unique et programmable est résolu de façon relativement satisfaisante dans l'art antérieur, en particulier au moyen d'oscillateurs à déphasage par circuit à résistance et capacité et de générateurs de fréquences du type connu sous le nom de « synthétiseurs ». Par contre, dès qu'il s'agit de produire des gammes multiples BF et TBF programmables, les générateurs connus sont peu satisfaisants.

En effet, les générateurs connus à battement présentent de la distorsion harmonique et une dérive importante du zéro. Les oscillateurs à déphasage par un circuit à résistance et à capacité descendent difficilement aux très basses fréquences, le problème de leur stabilité en amplitude étant alors délicat. Ils ont en effet un « temps d'acquisition » relativement important, c'est-à-dire que, lors de leur mise sous tension ou lors d'un changement de la fréquence délivrée, le régime transitoire, pendant lequel l'oscillation n'est pas stabilisée en amplitude, couvre plusieurs dizaines de périodes. Les procédés mécaniques (moteur à vitesse stable et réglable entraînant des potentiomètres sinu-

soïdaux) deviennent très complexes dès qu'on a besoin de plusieurs gammes de fréquences.

Enfin, les dispositifs actuellement les plus utilisés, lesquels comportent un oscillateur de relaxation apte, par intégration, à délivrer une tension triangulaire symétrique transformable, au moyen d'un générateur de fonction à diodes, en sinusoïde approximative, permettent très difficilement d'engendrer deux tensions ayant un déphasage connu avec précision, ce qui est nécessaire dans certaines applications. Par ailleurs, la tension délivrée par ces dispositifs n'est pas susceptible d'être différenciée (au sens mathématique du terme).

En conclusion, toutes les solutions classiques se prêtent donc mal à la réalisation d'un générateur facilement programmable dès qu'il s'agit d'obtenir des gammes « BF-TBF » multiples.

La présente invention facilite cette réalisation en permettant d'obtenir au moyen d'un dispositif à battement relativement simple une pluralité de gammes de fréquences en rapport décimal à partir d'une gamme BF unique délivrée par un générateur d'un type connu apte à la programmation, d'utiliser des diviseurs de fréquence du type « digital » (compteurs électroniques) pour obtenir les gammes multiples, avec la facilité de programmation et la précision en fréquence propres à ce genre de diviseurs.

Suivant l'invention, on effectue le battement soustractif, dans un modulateur, d'un type connu en soi ayant la propriété de délivrer une fréquence de battement purement sinusoïdale à partir de deux fréquences incidentes dont l'une seulement est purement sinusoïdale, d'une fréquence fixe F_1 de référence purement sinusoïdale et d'une part, d'une fréquence $F_1 + \Delta F$ non purement sinusoïdale variable dans une gamme BF déterminée, d'autre part, d'une pluralité de fréquence $F_1 + \Delta F/10^n$ (n étant un entier) engendrées à partir des précédentes au moyen de modulateurs d'un type courant et de diviseurs de fréquences du type digital.

Les différentes particularités, ainsi que les avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la description ci-après .

Au dessin annexé :

La figure 1 est un schéma de principe d'un générateur BF-TBF à gammes multiples conforme à l'invention; et

La figure 2 représente le mode d'exécution préféré d'un modulateur susceptible d'être utilisé dans le générateur de l'invention.

Le générateur de la figure 1 a été représenté schématiquement sous la forme d'un certain nombre de carrés, portant des numéros de référence allant de 1 à 8, dont certains sont affectés des indices *a*, *b*, *c* et *d*, lesdits carrés étant interconnectés comme le montre clairement la figure, par l'intermédiaire d'un commutateur 9 à cinq positions *o*, *a*, *b*, *c*, *d*.

Le carré 1 symbolise un générateur de tension sinusoïdale pure à la fréquence fixe F_1 , tandis que le carré 2 symbolise un générateur d'une tension, par exemple en forme de créneaux, ayant une fréquence F_2 variable entre deux valeurs F_1 et $F_1 + \Delta F$. A titre d'exemple non limitatif, on prendra $F_1 = 5\text{kHz}$ et $\Delta F = 1\text{kHz}$, d'où F_2 variable entre 5kHz et 6kHz.

Le carré 3 symbolise un dispositif modulateur ayant la propriété de délivrer une fréquence de battement soustractive purement sinusoïdale à partir de deux fréquences incidentes dont l'une seulement est purement sinusoïdale. On décrira plus loin, en se référant à la figure 2, le mode de réalisation préféré d'un tel modulateur. Il doit être bien compris cependant qu'il existe d'autres types connus de modulateurs qui possèdent cette propriété, en particulier, le modulateur en anneau.

Tous ces modulateurs pourraient être utilisés pour réaliser le dispositif 3.

A la sortie du modulateur 3, un filtre passe-bas 4 élimine les composantes de battement autre que la composante inférieure, et délivre la tension de sortie F du générateur.

On voit que le modulateur 3 reçoit d'une part, la fréquence F_1 , d'autre part, suivant la position du commutateur :

La fréquence F_2 (position *O* du commutateur);

La sortie de la voie *6a-7a-8a* (position *a* du commutateur);

La sortie de la voie *6b-7b-8b* (position *b* du commutateur);

etc.

Chacune des voies d'indice *a* ou *b* ou *c*, etc., comporte un modulateur (*6a*, etc.), suivi d'un filtre (*7a*, etc), lui-même suivi d'un diviseur de fréquence de rapport 10 (*8a*, etc.).

Le modulateur (*6a*, etc.) reçoit, d'une part la fréquence purement sinusoïdale $9F_1$ fournie par un multiplicateur 5, d'autre part, suivant la voie :

La fréquence F_2 (pour la voie *a*);

La fréquence de sortie de la voie *a* (pour la voie *b*);

La fréquence de sortie de la voie *b* (pour la voie *c*);
etc.

Ce modulateur est apte à délivrer le battement additif entre les deux fréquences qu'il reçoit, c'est-à-dire qu'il peut être d'un type courant (mélangeur ou changeur de fréquence classique). Il sera toutefois avantageux d'utiliser un modulateur équilibré, si l'on veut faciliter le filtrage des battements additifs et améliorer leur précision en phase.

Le filtre (*7a*, *7b*, etc.) est un filtre passe-bande d'un type quelconque et sa réalisation ne soulève aucun problème délicat. Il transmet, suivant la voie, les bandes de fréquence $10F_1$ à $10F_1 + \Delta F$, $10F_1$ à $10F_1 + \frac{\Delta F}{10}$, $10F_1$ à $10F_1 + \frac{\Delta F}{100}$, etc.

La fréquence filtrée ainsi obtenue est divisée par 10 par le diviseur (*8a*, *8b*, etc.) qui comporte un circuit de mise en forme suivi d'un diviseur décimal de préférence à sortie symétrique.

De ce qui précède on déduit aisément que la fréquence de sortie F prend, suivant la position du commutateur les valeurs suivantes :

Voie *o* : ΔF ;

Voie *a* : $\Delta F/10$;

Voie *b* : $\Delta F/100$;

etc., la $(n + 1)^{\text{ème}}$ voie délivrant la fréquence $F/10^n$.

Dans l'exemple considéré, et en prenant le mode d'exécution préféré dans lequel les fréquences F_1 et F_2 sont délivrées par un « synthétiseur » de fréquences, ledit synthétiseur délivre, par exemple, une fréquence F_2 qui varie de 5,01000 à 5,9999 kHz.

Dans ces conditions, la fréquence de sortie F peut varier dans les gammes suivantes :

Voie *o* : 10,0 à 999,9 Hz;

Voie *a* : 1,00 à 99,99 Hz;

Voie *b* : 0,10 à 9,999 Hz;

Voie *c* : 0,010 à 0,9999 Hz; etc.

(Il doit être bien compris qu'on pourra multiplier à volonté le nombre des voies).

Les avantages du dispositif qui vient d'être décrit découlent essentiellement du fait que, partant de fréquences F_1 et F_2 qui sont situées dans une gamme BF facile à produire par des moyens parfaitement au point actuellement et facilement programmables, tels que les synthétiseurs de fréquence, le dispositif n'effectue sur ces fréquences que des battements additifs facilement filtrables et des divisions de fréquence du type digital. D'une part, ces opérations n'affectent ni la stabilité d'amplitude des signaux produits, ni leur précision en fréquence (ces caractéristiques ne dépendant finalement que des qualités correspondantes de la gamme de fréquences BF initiale). D'autre part, les battements additifs étant purement sinusoïdaux, il est facile de diviser leur fréquence au moyen de dispositifs à compteurs électroniques *8a*, *8b*, etc.) comportant un circuit de mise en forme et un compteur décimal électro-

nique, de réalisation très simple et de conception classique. Par ailleurs, la défaillance d'un élément d'une voie quelconque est immédiatement perceptible à l'utilisateur (contrairement à ce qui se passe dans les dispositifs connus faisant appel pour obtenir des gammes multiples à la commutation de composants de précision), et les fréquences de sortie correspondant aux différentes voies sont rigoureusement entre elles dans des rapports décimaux. Enfin, le temps d'acquisition du générateur ne dépend que du temps de réponse du filtre de sortie 4, égal à quelques millisecondes au plus.

Il va de soi que le commutateur 9 sera, dans la pratique, réalisé par des moyens électroniques et, par conséquent, facilement programmable. D'où la facilité de programmer l'ensemble des fréquences engendrées par l'appareil.

A la figure 2, on a représenté un modulateur du type, connu en soi, souvent désigné sous le nom de « détecteur de phase », et recevant les fréquences F_1 et F_2 déjà définies; respectivement sur l'enroulement primaire d'un transformateur 10 et à l'entrée d'un amplificateur 11.

Le point milieu de l'enroulement secondaire du transformateur 10 est connecté à l'entrée du filtre 4 déjà mentionné, qui délivre la fréquence de sortie F , tandis que les extrémités de cet enroulement sont reliées aux bases respectives de deux transistors 12 et 13, dont les émetteurs sont connectés à la masse. L'amplificateur 11 a deux sorties symétriques qui attaquent les deux collecteurs respectifs desdits transistors.

Le filtre passe-bas 4 a une fréquence de coupure peu critique, située entre 1 et 5 Hz, dans l'exemple numérique considéré et son coefficient de transmission, ainsi que, éventuellement, son retard, sont maintenus à des valeurs aussi constantes que possibles entre 0 et 1 kHz.

Un tel modulateur fournit le battement ($F_2 - F_1$) pur de tout harmonique, ainsi que les fréquences F_2 , F_1 , $3F_2$, etc., qui sont éliminées par le filtre.

Il doit être bien compris que la fréquence F_2 n'a pas nécessairement la forme d'un signal carré. On pourra en particulier, lui donner la forme d'impulsions récurrentes à la même fréquence, à condition que le modulateur 3 soit apte à fonctionner avec des impulsions. On peut encore donner à ces impulsions une fréquence double (soit, 10 à 12 kHz dans l'exemple numérique considéré). Dans cette variante d'exécution, le multiplicateur 5 aura un rapport 18 et une bascule B (représentée en pointillés à la fig. 1) sera intercalée entre le commutateur et le modulateur 3, son rôle étant de restituer, à partir des impulsions, des

créneaux de fréquence destinés à attaquer le modulateur 3.

L'emploi d'impulsion facilite la réalisation du commutateur 9, lequel peut alors être constitué de portes électroniques d'un type courant et, également, la réalisation des diviseurs de fréquence lesquels, dans le cas des impulsions, n'est pas besoin d'être d'un type à sorties symétriques.

On a représenté en trait mixte, à la figure 1, un deuxième modulateur 3' recevant, d'une part, la fréquence transmise par le commutateur 9, d'autre part, la fréquence F_1 , transmise par un dispositif 14 qui lui impose un déphasage connu. Ce modulateur 3' fournit une fréquence de sortie F' , par l'intermédiaire d'un filtre 4'.

Il est bien évident que, à la condition que les filtres 4 et 4' provoquent le même retard de l'onde pour une fréquence déterminée, les fréquences F et F' seront déphasées, l'une par rapport à l'autre, de la quantité déterminée par le déphaseur 14, lequel peut être étalonné. On dispose ainsi d'un moyen simple d'obtenir deux ou plusieurs tensions de sorties de même fréquence ayant un déphasage connu et réglable et ce, dans toute la gamme de fréquences du générateur.

Il va de soi que divers moyens pratiques de réaliser les organes du dispositif décrit et représenté pourront être imaginés par l'homme du métier sans sortir du cadre de l'invention.

RÉSUMÉ

1° Générateur de signaux électriques sinusoïdaux à fréquence variable dans au moins deux gammes BF et TBF, comportant des moyens, connus en soi, d'engendrer des impulsions, signaux carrés, ou autres signaux périodiques non purement sinusoïdaux, de fréquence variable dans une gamme $F_1 + \Delta F$, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens d'engendrer un signal purement sinusoïdal à la fréquence fixe F_1 , un modulateur d'un type apte à délivrer une fréquence de battement soustractive purement sinusoïdale à partir de deux fréquences dont l'une seulement est purement sinusoïdale, et des moyens d'appliquer audit modulateur, d'une part la fréquence purement sinusoïdale fixe F_1 , d'autre part, soit la fréquence $F_1 + \Delta F$, soit au moins une fréquence du type $F_1 + \Delta F/10^n$.

2° Générateur conforme au paragraphe 1°, dans lequel les fréquences non purement sinusoïdales : $F_1 + \Delta F/10^n$ sont obtenues, à partir des fréquences F_1 et $F_1 + \Delta F$ susvisées, par battements additifs effectués dans des mélangeurs d'un type courant, suivis de divisions de fréquence effectuées dans des compteurs électroniques.

3° Générateur conforme au paragraphe 2°, dans lequel chaque fréquence $F_1 + \Delta F/10^n$ est obtenue par battement additif entre la fréquence $9F$, et la fréquence $F_1 + \Delta F/10^{n-1}$, suivi d'une division de fréquence par 10 dans une décade numérique.

4° Générateur conforme au paragraphe 1°, dans lequel ledit modulateur est du type connu sous le nom de « détecteur de phase ».

5° Générateur conforme au paragraphe 1°, dans lequel les fréquences non purement sinusoïdales $F_1 + \Delta F/10^n$ sont transmises au modulateur par l'intermédiaire d'un commutateur électronique.

Société dite :
ADRET-ÉLECTRONIQUE

Par procuration :
Cabinet MOUTARD

Fig:1

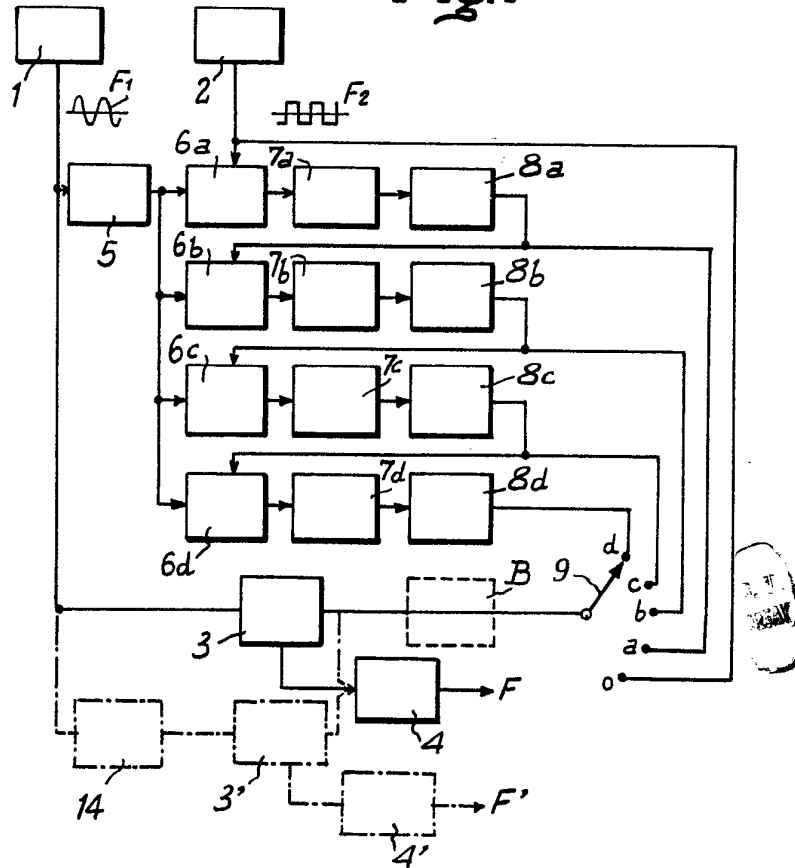


Fig:2

