

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 16919

(54) Procédé et dispositif de modulation d'un signal alternatif par des impulsions de facteur de forme variable.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 05 B 19/04; H 03 K 17/296.

(22) Date de dépôt..... 31 juillet 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° 5 du 5-2-1982.

(71) Déposant : Société dite : THOMSON-CSF, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Maurice Sauvanet.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

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

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de modulation d'un signal alternatif par des impulsions de facteur de forme variable. Plus particulièrement, la présente invention concerne le cas où les
5 impulsions de facteur de forme variable ont une période sensiblement constante, cette période étant longue devant celle du signal alternatif que l'on veut moduler.

Une application particulière du procédé et du dispositif selon la présente invention, en relation avec
10 laquelle on décrira plus particulièrement celle-ci, réside dans la modulation cyclique des durées de conduction d'un interrupteur commandant le passage du courant alternatif du secteur dans une charge. Les procédés de variation de puissance de ce type sont utilisés en particulier pour
15 constituer des régulateurs de température agissant par application d'une tension d'alimentation (en général la tension alternative du secteur) sur des résistances chauffantes par l'intermédiaire d'un relais ou d'un interrupteur statique tel qu'un triac ou une combinaison de thyristors
20 et de diodes. On désire en général que la puissance moyenne appliquée à la charge, couramment des résistances chauffantes, varie de façon sensiblement linéaire avec l'écart de température sur une certaine plage de températures à contrôler. Cette variation de puissance moyenne est obtenue
25 en laissant passer un certain nombre de périodes de la tension du secteur puis en interrompant un certain nombre de périodes ultérieures, le chauffage maximal étant obtenu quand toutes les périodes passent et l'arrêt du chauffage quand toutes les périodes sont interrompues. En d'autres
30 termes, cette variation de puissance moyenne dans la charge est obtenue par variation cyclique de la durée de conduction de l'interrupteur. La période de ce cycle doit être courte devant les constantes de temps thermiques, ce qui laisse une marge importante, étant donné que ces cons-
35 tantes thermiques sont couramment supérieures à la minute.

D'autre part, les fournisseurs d'énergie électrique préconisent l'emploi de normes d'utilisation du réseau imposant une durée minimale du cycle d'autant plus longue que la puissance à commuter est plus élevée. Il en résulte le choix d'un compromis conduisant à une période de cycle optimale et peu variable qui, suivant les cas, est choisie entre des durées de l'ordre de 30 secondes et de quelques minutes.

Ainsi, il convient, dans le cas d'un système de chauffage, de fournir un signal de modulation de période longue, sensiblement constante. Le rapport de forme de ce signal doit être fonction de l'écart entre une valeur électrique représentative d'une température et une deuxième valeur électrique correspondant à une valeur de consigne.

Parmi les procédés les plus couramment utilisés dans l'art antérieur pour obtenir une telle tension de modulation à facteur de forme variable, on peut citer un procédé consistant à comparer une tension issue d'un capteur à une rampe de tension périodique. Ce procédé est illustré en figure 1. Une tension en forme de rampe, désignée par la référence 1, est produite de façon à avoir une période constante correspondant à la durée de cycle souhaitée. Cette tension en forme de rampe 1 est comparée à une tension 2 en provenance d'un capteur. Un signal de modulation est obtenu de façon simple en comparant les tensions 1 et 2. Ce signal de modulation 3 aura par exemple une valeur basse quand la tension du capteur est supérieure à la tension de la rampe et une valeur haute quand la tension du capteur est inférieure à la tension de la rampe. Ainsi, tandis que la tension en provenance du capteur diminue, la durée des passages à bas niveau de la tension de modulation 3 diminue. Si cette durée correspond à la durée de mise en marche d'un interrupteur commandant le passage de la tension secteur sur une charge, la puissance

moyenne sur la charge décroît simultanément.

Ce procédé de l'art antérieur présente au moins deux inconvénients importants.

Le premier inconvénient réside dans la difficulté
5 de produire une rampe de tension de longue durée. Ceci peut être obtenu, de façon classique, par charge d'une capacité à courant constant mais nécessite de fortes valeurs de capacité et de faibles valeurs du courant de charge. Or, les condensateurs de forte valeur à faible courant de charge
10 sont très onéreux ou peu fiables. La rampe de tension peut également être produite par comptage d'impulsions d'un oscillateur au moyen d'un compteur puis conversion numérique/analogique du contenu du compteur pour produire une montée de tension en escalier. Pour que cet escalier soit
15 assimilable à une rampe linéaire, il doit comporter un nombre de marches élevé avec des marches de très faible hauteur (la dimension d'une marche définit la précision et la linéarité de la variation de puissance). Ceci suppose l'emploi d'un convertisseur numérique/analogique à grand
20 nombre de bits qui est également un dispositif onéreux et de réalisation difficile.

Le deuxième inconvénient résulte du fait que, pour des durées de cycle longues, de l'ordre de la minute, la vitesse de montée de la rampe est nécessairement
25 faible. Ainsi, au voisinage de la valeur de comparaison, la tension de la rampe reste voisine de la tension du capteur pendant un intervalle de temps non négligeable durant lequel toute perturbation superposée à la tension d'entrée peut provoquer des changements d'état intempestifs de l'interrupteur. En figure 1, la référence 4
30 désigne l'allure réelle du signal de référence issu du capteur qui comprend du bruit. Il en résulte, comme cela est représenté en pointillé au voisinage du changement de valeur de la courbe 3, des oscillations parasites du
35 signal de modulation. Ces perturbations peuvent être

particulièrement gênantes si, comme cela est souvent le cas, elles sont synchrones de la tension alternative d'alimentation de la charge. Notamment dans le cas où l'on utilise un interrupteur électronique tel qu'un

- 5 triac, il peut en résulter un fonctionnement momentané en monoalternance particulièrement préjudiciable au bon fonctionnement du système et au respect des normes d'utilisation du réseau.

- Ainsi, un objet de la présente invention est de
10 prévoir un nouveau procédé et dispositif de fourniture d'un signal de modulation à durée de cycle constante et à facteur de forme variable qui évite les inconvénients des procédés et dispositifs de l'art antérieur et notamment les déclenchements intempestifs au voisinage de la
15 valeur de commutation, qui soit réalisable sous forme de circuit intégré, et qui soit d'un coût plus faible que les dispositifs de l'art antérieur.

- Pour atteindre ces objets ainsi que d'autres, la présente invention prévoit un procédé de modulation d'un
20 signal alternatif par des impulsions de facteur de forme variable et de période nT longue devant celle du signal alternatif, en fonction de l'écart entre deux grandeurs électriques d'entrée, comprenant les étapes successives consistant à : produire un signal de période T_1 , la valeur
25 de cette période T_1 variant en fonction de celle dudit écart ; compter un nombre choisi n de périodes T_1 ; produire un signal de période T_2 tel que l'on ait sensiblement $T_1 + T_2 = T$; compter un nombre n de périodes T_2 ; et consistant en outre à produire un premier signal de
30 commande pendant le comptage du signal de période T_1 et un deuxième signal de commande pendant le comptage du signal de période T_2 .

- Les signaux de périodes T_1 et T_2 peuvent être fournis par un oscillateur, dont la fréquence de sortie
35 dépend de l'amplitude d'un signal électrique appliqué et qui sera appelé ci-après comme cela est courant dans la

technique, oscillateur VCO (d'après l'appellation anglo-saxonne Voltage Control Oscillator), recevant l'un ou l'autre de deux signaux de sortie complémentaires d'un amplificateur différentiel recevant les deux signaux d'entrée, ces deux signaux complémentaires étant par exemple égaux quand les deux entrées sont égales. Selon ce procédé, on peut en outre prévoir une étape consistant à inhiber le premier ou le second signal de commande dès que l'écart entre les deux signaux d'entrée atteint l'une ou l'autre de deux valeurs prédéterminées, ou en d'autres termes que la durée de l'un des signaux devient inférieure à un seuil prédéterminé.

Un dispositif selon la présente invention peut comprendre : des moyens pour fournir des signaux électriques complémentaires dont la différence par rapport à une valeur moyenne varie en fonction de l'écart entre les grandeurs électriques d'entrée ; un commutateur commandé recevant les deux signaux complémentaires et fournissant en sortie l'un ou l'autre de ceux-ci ; un oscillateur recevant la sortie du commutateur et fournissant un signal périodique dont la période varie avec la valeur du signal d'entrée qu'il reçoit ; un compteur recevant la sortie de l'oscillateur et fournissant un signal de sortie chaque fois qu'il a compté un nombre n prédéterminé de périodes ; des moyens pour appliquer le signal de sortie du compteur au commutateur commandé de façon à faire commuter celui-ci après chaque comptage de n périodes ; des moyens de mise en forme pour fournir à partir du signal de sortie du compteur le signal de modulation à facteur de forme variable recherché. Des modes de réalisation de divers moyens permettant d'atteindre un facteur de forme de 0 ou 100 % seront décrits plus en détail ci-après.

Le procédé selon la présente invention présente notamment les avantages suivants.

- D'une part, puisque la fréquence de l'oscillateur est modulée de façon analogique (donc continuellement) par la tension du capteur, le modulo du comptage n'influence pas la précision de la variation de puissance. Le
- 5 nombre n d'impulsions dans chaque phase peut donc être choisi à la valeur optimale pour définir des fréquences de fonctionnement de l'oscillateur commodément réalisables avec un condensateur de valeur assez basse pour assurer une bonne qualité à bas coût.
- 10 D'autre part, puisque la commutation entre la phase de conduction et la phase de coupure de l'interrupteur est décidée par le fin du comptage de n impulsions, il ne peut se produire qu'une seule commutation par cycle, donc aucun risque de rebondissements ou de commutations transitoires parasites liés au bruit du signal
- 15 d'entrée. Ceci résulte de ce que l'opération de comptage constitue en fait dans le procédé de l'invention une intégration de l'information des capteurs pendant toute la phase de comptage.
- 20 Ces objets, caractéristiques et avantages ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés plus en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :
- 25 la figure 1 représente des formes d'onde de signal électrique en fonction du temps et a été décrite précédemment pour aider à l'exposé d'un procédé de l'art antérieur ;
- la figure 2 est destinée à illustrer de façon
- 30 générale et sous forme de blocs le procédé et le dispositif selon la présente invention ;
- les figures 3A et 3B représentent des formes d'ondes électriques en fonction du temps et sont destinées à illustrer le procédé selon la présente invention ;
- 35 la figure 4 représente, partiellement sous forme de blocs, un mode de réalisation d'un dispositif selon

la présente invention ;

la figure 5 représente de façon plus détaillée, et partiellement sous forme de blocs un mode de réalisation d'un dispositif selon la présente invention ; et

5 la figure 6 illustre divers détails particuliers de modes de réalisation de dispositifs selon la présente invention.

Comme l'illustre la figure 2, la présente invention consiste à comparer des signaux d'entrée 10 et 11, par exemple le signal de sortie d'un capteur de température et une tension de consigne, dans un comparateur 12. Ce comparateur fournit des signaux de sortie 13 et 14 qui varient en fonction de l'écart entre les tensions aux bornes 10 et 11, l'un de ces signaux croissant avec cet écart et l'autre décroissant quand cet écart croît. Les signaux 13 et 14 sont transmis à un commutateur commandé 15 qui transmet l'un ou l'autre des deux signaux 13 ou 14 à sa sortie 16 en fonction du signal présent sur sa borne de commande 17. Le signal à la borne 16 est transmis à l'entrée de commande d'un oscillateur VCO 18. La sortie 19 de l'oscillateur VCO 18 est transmise à un compteur 20 qui fournit un signal de sortie chaque fois qu'il a compté n oscillations ou impulsions sur son entrée. Avec interposition de circuits de mise en forme appropriés tels qu'un diviseur par 2, la sortie du compteur jusqu'à $n/2$ est transmise à une borne de sortie 21 et est également rebouclée sur l'entrée de commande 17 du commutateur commandé 15. Le diviseur par 2 peut être groupé avec le compteur jusqu'à n en un compteur jusqu'à $2n$. On obtient ainsi à la borne 21 un signal de modulation qui se trouve à un premier niveau quand le signal 13 est transmis par le commutateur pendant la durée de n périodes de ce signal 13 puis à un second niveau quand le signal 14 est transmis par le commutateur pendant la durée de n périodes de ce signal 14. A condition de

choisir convenablement les variations respectives des signaux 13 et 14 en relation avec le fonctionnement de l'oscillateur VCO, la durée de cycle du signal de modulation sera constante et le facteur de forme du
5 signal de modulation sera fonction de l'écart entre les signaux d'entrée 10 et 11.

Les figures 3A et 3B représentent des signaux électriques en fonction du temps et illustrent des variantes du procédé selon la présente invention. Dans
10 la variante de la figure 3A, quand l'oscillateur VCO 18 reçoit le signal 13, il fournit des rampes de tension 31 ayant une certaine pente de montée et une première amplitude faible d'où il résulte une période T1. Pendant la réception du signal 14, l'oscillateur VCO fournit des
15 rampes de tension 32 de même pente de montée mais ayant une deuxième amplitude plus importante d'où il résulte une deuxième période T2. La relation entre les signaux 13 et 14 est telle que $T1 + T2$ est égal à une valeur prédéterminée T. On obtient ainsi un signal de modulation 33 de période
20 constante prédéterminée nT et dont le facteur de forme varie en fonction du rapport $T1/T2$, ces valeurs T1 et T2 variant de façon complémentaire par rapport à la valeur T/2.

La figure 3B illustre un autre mode de réalisation permettant d'obtenir le même signal de modulation
25 33. Mais cette fois, la différence entre les impulsions en forme de rampe 31' et 32' de période respective T'1 et T'2 est que leur amplitude est identique mais que la pente de leur rampe de montée est distincte.

30 Dans les modes de réalisation que l'on décrira ci-après de la présente invention, on se référera plus particulièrement à des dispositifs fonctionnant selon le schéma illustré en figure 3A. Mais il convient de noter dès maintenant que tout type d'oscillateur VCO conviendra ;
35 l'inventeur estime au moment du dépôt de la présente de-

mande que le choix du mode de réalisation illustré en figure 3A conduit plus simplement à l'obtention de la condition $T_1 + T_2 = \text{constante}$.

La figure 4 illustre un mode de réalisation de la présente invention. Dans cette figure, de mêmes éléments ont été désignés autant que faire se peut par les mêmes références qu'en figure 2 et cela sera également le cas pour les figures suivantes. Le comparateur 12 est réalisé sous la forme d'un amplificateur différentiel comprenant des transistors 40 et 41 recevant sur chacune de leurs bases des signaux 10 et 11. Les émetteurs des transistors 40 et 41 sont connectés à une source de courant d'intensité prédéterminée $2I_0$. Ainsi, en fonction de la différence entre les tensions appliquées aux bornes 10 et 11, il passera des courants I_1 et I_2 distincts dans les branches 13 et 14 de l'amplificateur différentiel, la différence des courants variant comme l'écart entre les signaux 10 et 11, et la somme des courants I_1 et I_2 restant telle que $I_1 + I_2 = 2 I_0$. Le commutateur 15 est représenté comme en figure 2 sous forme de bloc mais comprend deux entrées de commande par deux signaux complémentaires 17_1 et 17_2 au lieu d'une entrée unique. L'oscillateur VCO 18 comprend une partie d'oscillateur proprement dite 42. On a représenté à l'extérieur du bloc 42 une résistance 43 de valeur R , un condensateur 44 et une source de courant 45. Selon la position du commutateur 15, la résistance 43 est alimentée par l'un ou l'autre des courants I_1 et I_2 fournissant ainsi à une entrée du bloc 42 une tension de commande $R I_1$ ou $R I_2$. Ainsi, le condensateur 44 fonctionne en relaxation sous courant constant. Dans une première phase, la charge de la capacité est arrêtée et cette capacité est déchargée dès que sa tension atteint le seuil $R I_1$ ou $R I_2$. Les impulsions à la sortie du compteur 20 sont représentées schématiquement par la courbe 46 disposée en regard de ce compteur. On obtient ainsi des impulsions de période nT

espacées respectivement de durées nT_1 et nT_2 . Un circuit de mise en forme 47, par exemple une bascule JK montée en diviseur par 2, fournit un signal à haut niveau pendant la durée nT_1 suivi d'un signal à bas niveau pendant la

5 durée nT_2 ou inversement, selon que l'on emploie l'une ou l'autre des sorties complémentaires de cette bascule. Les deux sorties complémentaires sont envoyées aux bornes de commande 17_1 et 17_2 du commutateur 15. L'allure du signal à l'une ou l'autre des sorties de la bascule 47 est figurée

10 par la courbe 48 disposée en regard de cette bascule. La valeur de la tension de référence 11 appliquée à l'entrée de l'amplificateur différentiel 12 sera telle que, quand le signal en provenance d'un capteur 10 sera égal à cette tension de référence, on aura un fonctionnement à mi-

15 puissance moyenne, du fait que l'on aura alors $I_1 = I_2$ et $T_1 = T_2$.

La figure 5 représente de façon plus détaillée un mode de réalisation de la présente invention.

Le comparateur 12 est réalisé sous forme d'un

20 amplificateur différentiel dont les émetteurs sont reliés par une résistance 50. Les bases des transistors 40 et 41 reçoivent à leurs bornes 10 et 11 des tensions V_1 et V_2 issues par exemple respectivement d'un capteur et d'une référence et éventuellement préamplifiées ou atténuées.

25 On conviendra pour la suite des explications que ces tensions sont comptées positivement quand elles tendent à rendre conducteur le transistor sur la base duquel elles sont appliquées. Les émetteurs des transistors 40 et 41 sont reliés à la borne positive d'alimentation par l'in-

30 termédiaire de sources de courant imposant une intensité totale $2 I_0$. On obtient ainsi sur les bornes de collecteurs 13 et 14 de ces transistors des courants I_1 et I_2 comme dans le cas du mode de réalisation de la figure 4. Les intensités de chacun des courants I_1 et I_2 varient en sens

35 inverse entre 0 et $2 I_0$ quand l'écart de tension $V_1 - V_2$

varie d'une valeur extrême négative $-v$ à une valeur extrême positive $+v$. La valeur $2v$ de l'écart total est ajustable par le choix de la résistance 50.

Après transposition de sens par deux répéteurs
5 de courant 101 et 102, ces courants I_1 et I_2 passent dans le circuit de commutateur électronique 15 qui comprend des diodes D1, D'1, D2, D'2, des transistors T3 et T4, une résistance 43 et diverses résistances non référencées, l'ensemble étant connecté de la façon représentée, ces
10 connexions n'étant pas décrites en détail ici car elles apparaissent clairement sur la figure. La base du transistor T3 correspond à la borne de commande 17₁ du commutateur 15 et la base du transistor T4 correspond à la borne de commande 17₂ de ce commutateur. Les transistors T3 et T4
15 sont alternativement bloqués.

Quand le transistor T3 est bloqué, le courant I_1 circule dans la résistance 43 par l'intermédiaire de la diode D1 et quand c'est le transistor T4 qui est bloqué, le courant I_2 circule à son tour dans la résistance 43 par
20 l'intermédiaire de la diode D2. La tension à la borne 16 de la résistance 43 est transmise à l'entrée du bloc d'oscillateur VCO 18 comprenant un condensateur 44 et une source de courant 45 de la façon représentée. L'oscillateur 18 est par exemple réalisé par un petit thyristor
25 42 dont la gâchette d'anode est polarisée par la tension V_s présente à la borne 16 de la résistance 43, de telle sorte qu'il entre en conduction et décharge le condensateur 44 quand la tension sur ce condensateur a atteint une valeur un peu supérieure à V_s . Comme dans le cas des figures 2 et 4,
30 le signal à la borne 19 est relié à des moyens de comptage 60, fournissant d'une part un signal de sortie, d'autre part des signaux de commande de commutation au commutateur 15. La partie entourée de tirets dans la réalisation particulière représentée en figure 5 sera exposée plus en
35 détail ci-après en relation avec un exposé d'un procédé

permettant d'atteindre un facteur de forme de 0 ou de 100 % pour les cas extrêmes.

En effet, un inconvénient habituel du dispositif précédemment décrit est que la plus petite durée d'une phase de coupure de conduction dans le cycle correspond à une fréquence élevée de l'oscillateur. Pour réduire à zéro ces durées, c'est-à-dire réaliser une commande de puissance de 0 à 100 %, il faudrait rendre cette fréquence d'oscillation infinie pendant la phase considérée, ce qui est irréalisable en pratique. Il en résulte que les diverses techniques décrites laissent théoriquement subsister aux deux extrémités de la plage de variation des interruptions brèves ou des impulsions brèves dans le signal de sortie. Toutefois, cet inconvénient n'est pas toujours rédibitoire.

D'une part, si le temps de réponse d'un interrupteur à actionner ou système à commander est long devant des interruptions ou des impulsions résiduelles, celles-ci n'auront pas le temps d'actionner le système et seront donc sans effet. Ceci est notamment le cas si l'interrupteur commandant le passage dans le circuit de charge, par exemple un circuit de chauffage, est un relais à action lente.

D'autre part, l'oscillateur peut être aisément conçu pour que la condition d'une commande à fréquence élevée corresponde au-delà d'un certain seuil à un arrêt de l'oscillateur. Puisque le compteur ne reçoit alors plus d'impulsion d'horloge, la sortie reste à l'état précédent que l'on veut confirmer, à condition toutefois que le signal de sortie assurant la commande d'un interrupteur final soit synchrone de la fréquence de l'oscillateur VCO et décalé d'une ou de quelques périodes d'oscillation en retard sur le signal commutant la fréquence d'oscillation.

Si cependant il est important qu'aux deux extrémités de la plage de variation, on obtienne sans ambiguïté des régimes permanents et si en outre le critère de

décrochement de l'oscillation apparaît trop imprécis ou dispersé, plusieurs solutions peuvent être introduites pour couper ou établir de façon permanente la conduction de l'interrupteur de charge aussitôt ou tant que la durée de l'une des deux phases de coupure ou de conduction devient plus courte qu'une valeur minimale ou encore aussitôt que et tant que l'écart entre les tensions d'entrée dépasse une valeur maximale dans un sens déterminé.

En relation avec la figure 4, cette solution peut être mise en oeuvre en prévoyant un circuit différentiel supplémentaire illustré en figure 6 et comprenant des transistors 50 et 51 recevant sur leurs bases les signaux 10 et 11, à émetteurs couplés, et connectés par leurs collecteurs à des sources de courant d'intensité $2I_0$ identiques à la source de courant $2I_0$ de la figure 4. Les émetteurs de ces transistors sont reliés à une source de courant $2I'_0$ telle que I'_0 est légèrement supérieur à I_0 . Les collecteurs des transistors 50 et 51 sont reliés à des bornes de sortie 52 et 53 respectivement connectées aux entrées de mise à 1 et de remise à 0 de la bascule 47. Ainsi, quand par exemple la différence entre les tensions des bornes 10 et 11 dépasse la valeur rendant I_1 égal à $2I_0$ sur le premier amplificateur différentiel 12 de la figure 4, le collecteur du transistor attaqué par la tension V_1 (borne 10) sur le second amplificateur différentiel (50, 51) débite tout le courant $2I_0 + \delta I$. Sa tension collecteur descend donc brusquement et vient imposer au niveau 0 la borne de sortie de la bascule 47 par action sur son entrée de remise à 0. Quand la différence des tensions d'entrée atteint la même valeur absolue en sens inverse, rendant I_1 sensiblement égal à 0 et I_2 égal à $2I_0$, c'est la tension collecteur du deuxième transistor 51 du deuxième amplificateur différentiel qui s'abaisse et vient imposer au niveau 1 la sortie de la bascule 47.

Ainsi, l'état du signal final Q est imposé à une valeur permanente quand l'écart entre les tensions d'entrée dépasse légèrement la valeur qui conduit à l'annulation de l'un des courants I_1 ou I_2 .

5 Les parties non décrites précédemment du circuit de la figure 5 et qui sont entourées d'un cadre en tirets ont également pour but de fixer à une valeur de conduction nulle ou maximale la sortie du signal de modulation au-delà de certains seuils, mais au lieu de positionner la
10 sortie dans un état permanent quand l'écart de tension d'entrée a dépassé la valeur conduisant à une annulation d'un des courants I_1 ou I_2 , on se contente d'effectuer ce positionnement dès que I_1 ou I_2 a atteint une valeur très basse.

15 En outre, avant utilisation pour la commande de l'interrupteur de puissance, le signal de sortie Q_{2n} du compteur 60 est décalé en retard sur les signaux 17_1 et 17_2 de commande du commutateur 15. Ceci est réalisé en échantillonnant ce signal Q_{2n} par les signaux de sortie
20 19 de l'oscillateur 18, ou par des signaux Q_2 prélevés sur la sortie de l'un des premiers étages du compteur. Pour cela, sur la figure 5, le signal Q_{2n} est appliqué à l'entrée D d'une bascule D 63 dont le signal d'horloge est la sortie Q_2 du premier étage du compteur. La sortie Q' de la bas-
25 cule D est donc ainsi décalée en retard, de 2 périodes d'oscillation. Si l'écart entre les tensions d'entrée devient tel que la tension sur la résistance 43 devienne très basse dès que le signal Q_{2n} a basculé dans l'état correspondant du courant le plus bas, l'oscillateur risque
30 de décrocher. Le compteur 60 ne recevant plus de signaux d'horloge, le signal Q_{2n} reste dans l'état qui aurait dû correspondre à la phase la plus courte, ce qui est l'inverse des conditions souhaitées.

Par contre, le signal Q' (sortie de la bascule D)
35 n'a pas encore changé d'état quand Q_{2n} a basculé, puisqu'il

n'a pas reçu de signal d'horloge à cet instant. Q' reste donc dans un état permanent correspondant à celui qu'il avait dans la phase de plus longue durée. Ainsi, un décrochement accidentel de l'oscillateur 18 confirme en
5 sortie l'état de commande de puissance juste précédent (par exemple, ceci imposera la conduction à 100 % si à l'écart des tensions d'entrée correspond une condition approchant d'un rapport de forme de 100 %).

S'il est important que les conditions 0 et 100 %
10 soient imposées aux extrémités de la plage de variation, il est préférable d'imposer ces conditions même si l'oscillateur ne décroche pas. Pour cela, sur la figure 5, on prélève sur les répéteurs de courant 101 et 102 en sortie du différentiel 12 des courants I'_1 et I'_2 respectivement
15 égaux ou proportionnels aux courants I_1 et I_2 définissant les seuils de décharge du condensateur 44. Ces courants I'_1 et I'_2 maintiennent en conduction respectivement des transistors 61 et 62 inhibant les entrées asynchrones R et S de la bascule D. Si le courant I'_1 , par exemple,
20 s'annule presque, la désaturation du transistor 61 libère le "set" S de la bascule D 63 et la sortie Q' est imposée au niveau haut, quelles que soient les conditions en sortie du compteur. De même, si I'_2 s'annule presque, Q' est mis au niveau bas permanent.

25 La réalisation schématisée figure 5 a été indiquée à titre d'exemple. Il est bien évident que de nombreuses variantes sont possibles, l'amplificateur différentiel pouvant être aussi bien constitué par des transistors PNP multicollecteurs, réalisant directement le
30 partage des courants I'_1 et I_1 ou I'_2 et I_2 . L'oscillateur YCO peut être de n'importe quel type connu. De même, la commutation des courants I_1 ou I_2 sur la résistance 43 par les signaux de sortie du compteur 60 peut être effectuée par d'autres moyens, par exemple en court-
35 circuitant alternativement les répéteurs de courant.

Enfin, le positionnement à 0 % ou 100 % en bout de plage de variation peut être effectué à partir des courants I'_1 et I'_2 par une logique combinatoire simple sur la sortie Q_{2n} ou sur la sortie Q' , au lieu d'agir sur les entrées 5 asynchrones d'une bascule.

La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui ont été explicitement décrits. Elle en englobe les variantes et généralisations contenues dans le domaine des revendications ci-après.

REVENDICATIONS

1. Procédé de modulation d'un signal alternatif par des impulsions, de facteur de forme variable et de période nT constante et longue devant celle du signal alternatif, en fonction de l'écart entre deux grandeurs électriques d'entrée, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :
- produire un signal de période T_1 , la valeur de cette période T_1 variant en fonction de la valeur dudit écart ;
 - compter un nombre choisi n de périodes T_1 ;
 - produire un signal alternatif de période T_2 tel que l'on ait sensiblement $T_1 + T_2 = T$;
 - compter un nombre n de périodes T_2 ;
- et en ce qu'il consiste en outre à produire un premier signal de commande pendant le comptage du signal de période T_1 et un deuxième signal de commande pendant le comptage du signal de période T_2 .
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les signaux de périodes T_1 et T_2 sont fournis par un oscillateur VCO recevant l'un ou l'autre de deux signaux de sortie complémentaires d'un amplificateur différentiel recevant les deux signaux d'entrée.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deux signaux complémentaires sont égaux quand les deux entrées sont égales.
4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'étape consistant à inhiber le premier ou le deuxième signal de commande dès que l'écart entre les deux signaux d'entrée atteint l'une ou l'autre de deux valeurs extrêmes prédéterminées.
5. Dispositif de modulation d'un signal alternatif par des impulsions, de facteur de forme variable de période nT prédéterminée longue devant celle d'un signal alternatif, en fonction de l'écart entre deux grandeurs

électriques d'entrée, caractérisé en ce qu'il comprend :

- des moyens pour fournir des signaux électriques complémentaires dont la différence par rapport à une valeur moyenne varie en fonction dudit écart ;
- 5 - un commutateur commandé recevant les deux signaux complémentaires et fournissant en sortie l'un ou l'autre de ceux-ci ;
- un oscillateur recevant la sortie du commutateur et fournissant un signal périodique dont la période varie
- 10 en fonction de la valeur du signal d'entrée qu'il reçoit ;
- un compteur recevant la sortie de l'oscillateur et fournissant un signal de sortie chaque fois qu'il a compté un nombre n prédéterminé de périodes ;
- des moyens pour appliquer le signal de sortie
- 15 du compteur au commutateur commandé de façon à faire commuter celui-ci après chaque comptage de n périodes ;
- des moyens de mise en forme pour fournir à partir du signal de sortie du compteur le signal de modulation à facteur de forme variable recherché.
- 20 6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le moyen pour fournir les signaux électriques complémentaires comprend un amplificateur différentiel muni de deux transistors aux bases desquelles sont respectivement appliqués chacun des signaux électri-
- 25 ques d'entrée, et en ce que les courants de collecteurs de ces transistors sont appliqués par l'intermédiaire du commutateur commandé à une résistance, la tension aux bornes de cette résistance déterminant à chaque instant la période de l'oscillateur.
- 30 7. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le signal de commande est synchrone de la fréquence de l'oscillateur et est décalé d'une ou de quelques périodes d'oscillation en retard sur le signal assurant la communication.
- 35 8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le décalage du signal final en retard

sur le signal de commutation est obtenu en appliquant ce dernier sur l'entrée D d'une bascule (63) de type D commandée par la sortie de l'oscillateur et dont les entrées asynchrones sont commandées par annulation du courant

5 collecteur de chaque Branche dudit amplificateur différentiel.

9. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque Branche de l'amplificateur différentiel ou d'un amplificateur différentiel auxiliaire

10 recevant également les tensions d'entrée est connectée à des moyens pour comparer les courants dans ces branches au courant total fourni aux émetteurs de l'amplificateur différentiel, le résultat de cette comparaison étant

15 fourni à un circuit pour imposer le coupure totale ou la pleine conduction en sortie du signal de commande quand le courant de l'une des branches de l'amplificateur différentiel devient voisin du courant total dans les émetteurs.

1/3

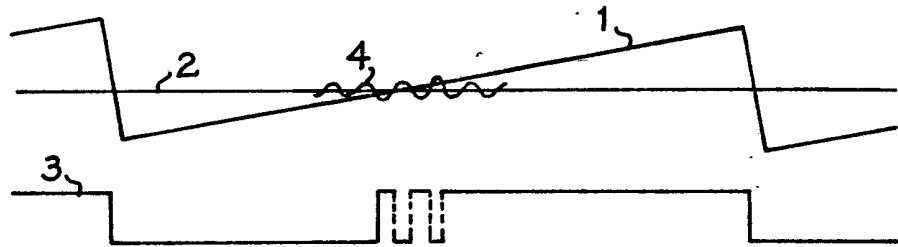


Fig. 1

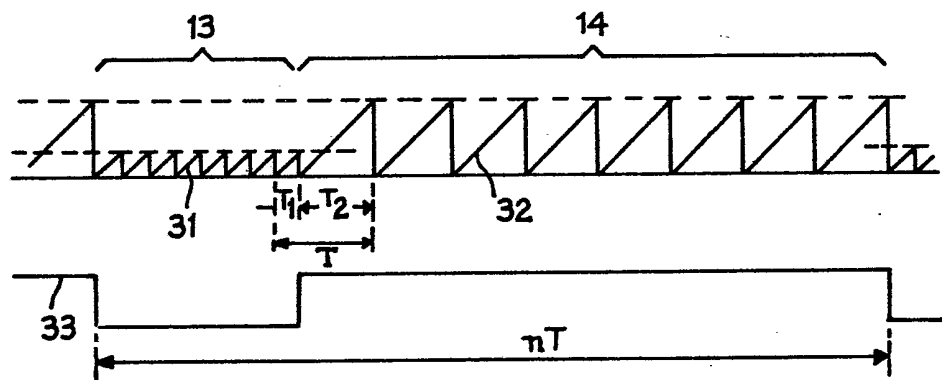


Fig. 3A

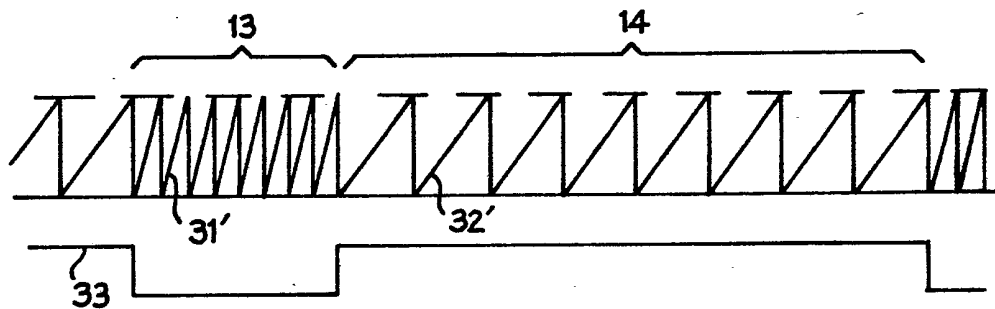
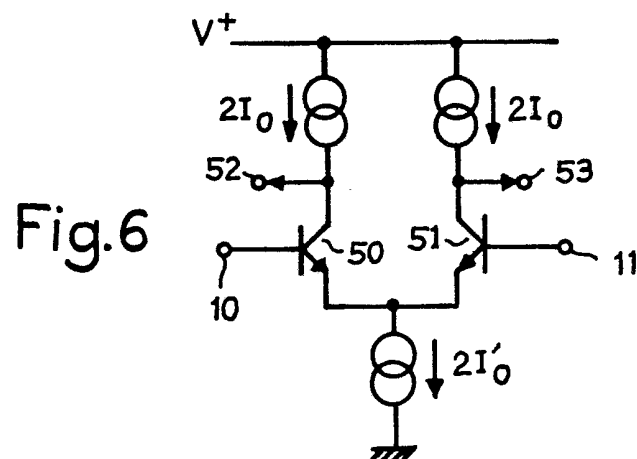
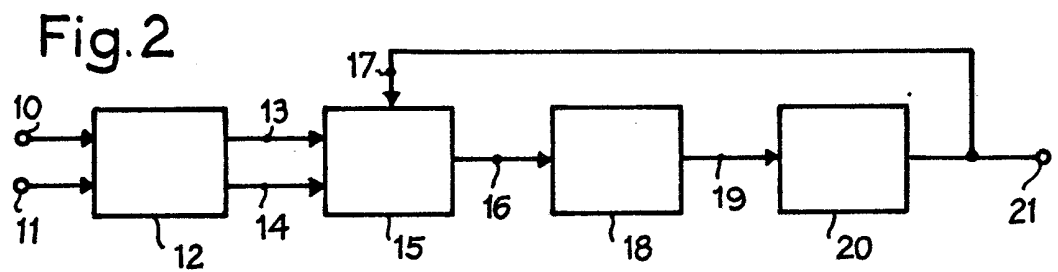
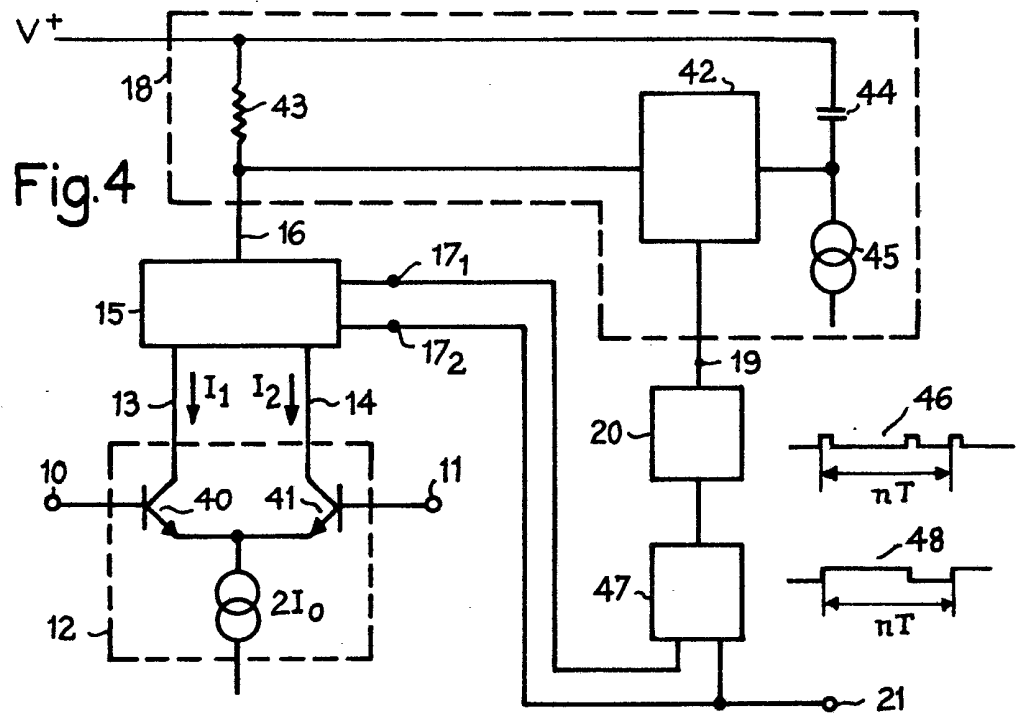


Fig. 3B

2/3



3/3

