

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 18784

(54) Dispositif pour réduire le taux d'harmoniques engendrés par le découpage de phase du courant circulant dans une charge.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). H 02 M 1/12.

(22) Date de dépôt..... 29 août 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° 9 du 5-3-1982.

(71) Déposant : RTC LA RADIOTECHNIQUE-COMPELEC, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Michel Remery et André Souvay.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Georges Bailleul-Langlais, société civile Spid,
209, rue de l'Université, 75007 Paris.

DISPOSITIF POUR REDUIRE LE TAUX D'HARMONIQUES ENGENDRES PAR
LE DECOUPAGE DE PHASE DU COURANT CIRCULANT DANS UNE CHARGE

La présente invention concerne un dispositif pour réduire le taux d'harmoniques engendrés par le découpage de phase du courant circulant dans une charge, ladite charge étant reliée au secteur par au moins un interrupteur électronique dont l'électrode de commande est connectée à un
5 générateur d'impulsions synchrones avec la fréquence du secteur.

Si le découpage de phase est un système souple et performant de contrôle ou de régulation de la puissance appliquée à une charge, il souffre néanmoins du grave défaut
10 d'engendrer un taux d'harmoniques de la fréquence du secteur directement proportionnel à la valeur du courant contrôlé. Or, un taux d'harmoniques élevé constitue une gêne dans l'exploitation d'un réseau de distribution d'électricité,
15 ce qui a amené certains organismes interprofessionnels à édicter des normes fixant un pourcentage limite du taux des différents harmoniques engendrés par les utilisateurs.

Pour le système de découpage de phase, le taux limite est atteint pour des puissances d'utilisation relativement
20 faibles, ce qui en limite la portée.

Il est théoriquement possible de pallier ce défaut en disposant un filtre passe-bas entre le secteur et l'appareil contrôlé mais, eu égard aux puissances mises en jeu, cette solution est très coûteuse et, de ce fait, inapplicable aux
25 appareils "grand public".

En analysant les conditions dans lesquelles sont engendrés les harmoniques, on constate que le taux le plus important est atteint lorsque le régime de contrôle ou de régulation correspond au courant instantané maximal dans la
30 charge ; c'est le cas, par exemple, pour l'harmonique 3 dont

le taux est maximal dans ces conditions pour une charge alimentée en courant redressé à double alternance.

Pour réduire le taux d'harmoniques, il faut donc éviter de commuter la charge au maximum de courant instantané lors
5 de chaque alternance, tout en conservant un courant efficace correspondant au niveau de puissance désiré.

L'invention a pour but d'accroître de façon substantielle le niveau limite de puissance d'utilisation des appareils contrôlés ou régulés par découpage de phase au-delà duquel
10 le taux d'harmoniques dépasse les normes recommandées.

Selon l'invention, le dispositif pour réduire le taux d'harmoniques engendrés par le découpage de phase du courant circulant dans une charge, ladite charge étant reliée au secteur par au moins un interrupteur électronique dont l'électrode de commande est connectée à un générateur d'impulsions synchrones avec la fréquence du secteur, est notamment remarquable en ce que ledit générateur d'impulsions est couplé à un générateur fournissant une tension périodique asynchrone par rapport à la fréquence du secteur.

La tension périodique asynchrone de valeur moyenne nulle s'ajoute algébriquement à la tension de commande du générateur d'impulsions et déplace de ce fait à sa propre fréquence le point de déclenchement de l'interrupteur électronique au cours des alternances du secteur, la valeur du courant efficace restant inchangée.
25

En choisissant judicieusement la fréquence du générateur asynchrone, on réduit fortement le taux des harmoniques les plus gênants.

Il faut toutefois noter que le dispositif selon l'invention provoque l'apparition d'harmoniques de rangs complexes résultant de la combinaison des différentes fréquences mises en jeu ; néanmoins, le taux de ces harmoniques est largement en-deçà des normes recommandées.
30

La forme de la tension périodique asynchrone appliquée au générateur d'impulsions a peu d'influence sur le résultat, ce qui permet de choisir selon les besoins un générateur de signaux rectangulaires, sinusoïdaux, en dents de scie, trian-
35

gulaires, etc.

L'amplitude du signal périodique asynchrone superposé au signal de déclenchement peut varier dans de larges limites sans influencer fortement le taux de réduction des harmoniques ; une valeur de l'ordre du tiers de la tension de déclenchement s'est révélée convenable.

Le champ d'application de l'invention comprend tous les systèmes à découpage de phase contrôlant ou régulant un courant dans une charge, que ce courant soit alternatif ou continu, et que la charge soit de nature résistive, ou réactive telle qu'un moteur par exemple.

La description qui va suivre en regard des schémas annexés, fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

La figure 1 représente le schéma de principe d'un gradateur de puissance à découpage de phase équipé du dispositif selon l'invention.

Les figures 2a et 2b représentent respectivement la forme de la tension de sortie d'un générateur de signaux et celle du courant circulant dans la charge du schéma de la figure 1.

La figure 3 représente un exemple de réalisation pratique du dispositif de la figure 1 selon l'invention.

La figure 4 représente le schéma de principe d'une variante de réalisation du dispositif selon l'invention appliqué au réglage de la vitesse de rotation d'un moteur à courant continu.

Les figures 5a et 5b représentent respectivement la forme de la tension de sortie de signaux et celle du courant circulant dans le moteur du schéma de la figure 4.

La figure 6 représente le schéma de principe du dispositif selon l'invention appliqué à un montage régulateur de vitesse de rotation d'un moteur à courant continu.

La figure 7 représente le schéma de principe d'un montage régulateur de vitesse de rotation du moteur d'entraînement du tambour d'une machine à laver le linge muni du dispositif selon l'invention.

Les figures 8 et 9 représentent les schémas de deux autres formes possibles de réalisation du générateur de signaux périodiques équipant le dispositif selon l'invention.

Sur la figure 1, l'une des extrémités d'une charge 1 est directement reliée à la borne 2 du secteur, l'autre extrémité étant raccordée à la borne 3 par un triac 4 ; aux bornes du triac est disposé un réseau constitué par une résistance variable 5 et un condensateur 6, le point commun à ces deux composants étant couplé, d'une part à la gâchette du triac 4 par un diac 7, et d'autre part à la sortie d'un générateur 8 de signaux périodiques.

En l'absence du générateur 8, le fonctionnement du gradateur de puissance de la figure 1 est bien connu : au début de chaque alternance, le condensateur 6 se charge à travers la résistance 5, et lorsque la tension de rupture du diac 7 est atteinte, la gâchette du triac 4 reçoit une impulsion qui rend conducteur ce dernier jusqu'à la fin de l'alternance, et le processus se répète à l'alternance suivante ; en modifiant la valeur de la résistance 5, on fait varier le point d'amorçage du triac par rapport à l'origine de l'alternance, et partant, le courant efficace circulant dans la charge 1.

Selon l'invention, le générateur 8 fournit un signal périodique (figure 2a) qui augmente et diminue alternativement la tension aux bornes du condensateur 6 à une fréquence asynchrone par rapport à celle du secteur, par exemple 37 Hz.

La figure 2b, dont l'échelle de temps est la même que celle de la figure 2a, montre en traits interrompus, le courant circulant dans la charge pour un certain réglage de la résistance 5 lorsque le générateur 8 est absent, et en traits pleins le même courant lorsque ledit générateur est en service, les surfaces hachurées correspondant, dans ce cas, au régime de conduction du triac.

En l'absence du générateur 8, la mise en conduction du triac intervient vers le milieu de chaque alternance au moment où le courant instantané est maximal, ce qui entraîne un taux maximal d'harmoniques.

De l'instant t_1 à l'instant t_2 , le générateur 8 fournit une tension positive qui s'ajoute à la tension positive du condensateur 6 pendant la première alternance positive AP1 du secteur, avançant ainsi le point d'amorçage du triac ;
5 à l'alternance négative suivante AN1, la tension positive du générateur 8 se retranche de celle négative du condensateur 6, retardant ainsi le point d'amorçage du triac.

A l'alternance positive suivante AP2, l'amorçage a lieu au même endroit que pour l'alternance AP1 puisque la tension
10 du générateur 8 est toujours positive.

A l'instant t_2 , la tension du générateur 8 devient négative et c'est au tour des alternances négatives suivantes AN2 et AN3 de voir leur point d'amorçage avancé, tandis que le point d'amorçage de l'alternance positive AP3 est retardé
15 et ainsi de suite.

La fréquence de récurrence du signal de la figure 2a n'étant pas en rapport exact avec celle du secteur, les points d'amorçage de ces groupes d'alternances se déplacent cycliquement et ne s'effectuent plus que rarement au maximum de
20 courant instantané, ce qui réduit très sensiblement le taux d'harmoniques ; par contre, la valeur du courant efficace circulant dans la charge 1 est inchangée par rapport à celle qui existe en l'absence du signal de la figure 2a.

Sur la figure 3, dont les références sont communes avec
25 celles de la figure 1, une résistance talon 9 est disposée en série avec la résistance variable 5 tandis qu'une résistance 10 limiteuse de courant est disposée entre le diac 7 et la gâchette du triac 4.

La borne 2 du secteur est reliée par une résistance 11
30 aux anode et cathode réunies d'une première paire de diodes 12 et 13, tandis que la borne 3 est directement reliée aux anode et cathode d'une seconde paire de diodes 14 et 15 ; entre les cathodes réunies des diodes 12, 14 et les anodes réunies des diodes 13, 15 sont disposés une diode Zéner 16
35 et un condensateur électrochimique 17.

Le générateur 8 comporte un circuit comparateur 8 dont l'entrée positive est reliée à un pont de résistances 19, 20

disposé aux bornes du condensateur 17 ; la sortie du compa-
rateur 18 est rétrocouplée aux entrées positive et négative
respectivement par une résistance fixe 21 et une résistance
ajustable 22, ladite sortie étant par ailleurs reliée à la
5 borne positive du condensateur 17 par une résistance 23. Un
condensateur 24 est disposé entre l'entrée négative du com-
parateur 18 et la borne négative du condensateur 17 tandis
qu'une résistance 25 relie la sortie du générateur 8 au con-
densateur 6 du gradateur.

10 Le pont de diodes 12, 13, 14 et 15 du montage de la fi-
gure 3 joue un double rôle : il assure d'une part l'alimen-
tation en courant continu du générateur 8, et il permet
d'autre part de fournir au condensateur 6 un signal conforme
à celui de la figure 2a, d'une valeur de tension moyenne
15 nulle, ce qui est nécessaire pour obtenir tout à la fois la
même valeur de courant efficace qu'en l'absence de signal,
et pour éviter l'apparition d'une composante moyenne de cou-
rant continu dans la charge 1 qui résulterait d'une dissy-
métrie dans la commande de l'ensemble des alternances posi-
20 tives et négatives.

Le générateur de signaux rectangulaires 8 est d'un type
connu dont la fréquence de récurrence est liée aux valeurs
de la résistance 22 et du condensateur 24 ; l'amplitude du
signal appliqué au condensateur 6 peut être ajustée en jou-
25 ant sur la valeur de la résistance 25.

Ainsi qu'il a déjà été indiqué, la forme du signal péri-
odique fourni par le générateur 8 du dispositif selon l'in-
vention n'est pas critique et peut être sinusoïdale, en dents
de scie, etc., la seule condition à respecter étant un rapport
30 cyclique aussi voisin que possible de 0,5 afin d'éviter une
dissymétrie génératrice des défauts signalés plus haut.

Sur la figure 4, dont les références sont communes avec
celles des figures 1 et 3, la charge 100 est constituée par
un moteur à courant continu muni d'inducteurs à aimants per-
35 manents et disposé dans la diagonale d'un pont de redresse-
ment comportant deux diodes 26 et 27 et deux thyristors 28
et 29, les gâchettes de ces derniers étant reliées au point

commun de la résistance 5 et du condensateur 6 ; l'autre extrémité de la résistance 5 est reliée aux cathodes réunies de deux diodes 30, 31 dont les anodes sont connectées au secteur, tandis que l'autre armature du condensateur 6 est reliée aux cathodes réunies des thyristors 28 et 29.

Au début de chaque alternance redressée du secteur, le condensateur 6 se charge à travers la résistance 5 et lorsque la tension de rupture du diac 7 est atteinte, les gâchettes des thyristors 28 et 29 reçoivent une impulsion positive qui les rend conducteurs jusqu'à la fin de l'alternance ; le mécanisme de réglage du courant efficace circulant dans le moteur 100 est rigoureusement semblable à celui du circuit de la figure 1, à cela près que ce courant ne change pas de sens.

La figure 5a, similaire à celle de la figure 2, montre la forme du signal de sortie du générateur 8, et la figure 5b, à la même échelle de temps, montre en traits interrompus le courant circulant dans le moteur en l'absence de signal du générateur 8, et en trait plein le même courant en présence du signal, les zones hachurées correspondant au régime de conduction des thyristors 28 et 29.

De même que pour le montage de la figure 1, le courant efficace dans la charge reste inchangé tandis que le taux d'harmoniques est fortement réduit.

Les deux formes de réalisation du dispositif selon l'invention qui viennent d'être décrites s'appliquent à des systèmes de réglage en "boucle ouverte". L'invention s'applique également aux systèmes régulateurs en "boucle fermée" où un paramètre de la charge est maintenu constant par comparaison avec une valeur de consigne, ce paramètre pouvant être un courant efficace, une vitesse de rotation, etc..

La figure 6 montre, à titre d'exemple, l'application du dispositif selon l'invention à un montage régulateur de vitesse de rotation d'un moteur à courant continu muni d'inducteurs à aimants permanents.

Sur la figure 6, dont les références sont communes avec celles des figures 1, 3 et 4, l'entrée positive d'un circuit

comparateur 32 est reliée à un générateur 33 de rampe de tension couplé au secteur par deux diodes 34 et 35. L'entrée négative du comparateur 32 est reliée à un circuit intégrateur constitué par une résistance 36 et un condensateur 37, ce dernier étant connecté à une masse 38 à laquelle est également raccordée la borne négative du moteur 100.

La sortie du comparateur 32 est couplée aux gâchettes des thyristors 28 et 29 par un générateur d'impulsions 39, tandis que le générateur 8 est branché indifféremment soit sur l'entrée positive, soit sur l'entrée négative du comparateur 32, tel qu'il est indiqué en pointillé sur le schéma.

Abstraction faite de la présence du générateur 8 selon l'invention, le fonctionnement du montage de la figure 6 est bien connu : le générateur de rampe de tension 33 est déclenché à chaque passage à zéro des alternances du secteur détecté par les diodes 34 et 35 ; la tension de rampe est comparée à la tension intégrée de force électromotrice du moteur 100, présente pendant les intervalles de temps où ce dernier n'est pas alimenté, et le comparateur 32 bascule à chaque alternance du secteur pour rendre conducteurs les thyristors 29 et 28 via le générateur d'impulsions 39, le retard entre le début de chaque alternance et le point d'amorçage variant automatiquement pour maintenir constante la vitesse de rotation du moteur quelles que soient les variations de son couple résistant.

Pour une valeur de couple déterminée et constante, le point d'amorçage à chaque alternance peut se situer à la valeur de courant instantané maxima, entraînant ainsi un taux élevé d'harmoniques ; l'application du signal de sortie du générateur 8 sur l'une ou l'autre entrée du comparateur 32 entraîne exactement le même effet que celui montré par les figures 5a et 5b en assurant une réduction du taux d'harmoniques sans nuire à l'action de la régulation.

Sur la figure 7, dont les références sont communes avec celles des figures 1, 3, 4 et 6, un thermoplongeur 40 est disposé entre la borne 2 du secteur et les cathodes et anodes réunies de la diode 26 et du thyristor 28.

Entre les cathodes réunies des thyristors 28, 29 et les anodes réunies des diodes 26, 27, est disposé un moteur 101 d'entraînement du tambour dont l'inverseur de sens de rotation n'a pas été représenté afin de simplifier le schéma.

5 Sur les entrées alternatives du pont 26, 27, 28 et 29, sont branchées les anodes de deux diodes 41 et 42 dont les cathodes réunies sont reliées par une résistance 43 à la cathode d'une diode Zener 44, l'anode de cette dernière étant connectée à la borne positive du moteur 101.

10 Les émetteurs de deux transistors 45 et 46, le premier de type PNP et le second de type NPN, sont reliés, l'un à la cathode de la diode Zener 44 par une résistance 47, et l'autre aux gâchettes réunies des thyristors 28 et 29 par une résistance 48 ; les bases et collecteurs connectés tête-
15 bêche des transistors 45 et 46 sont reliés, les uns par la résistance 25 au générateur 8 et par une résistance variable 49 à la cathode de la diode Zener 44, et les autres par une résistance 50 à la borne positive du moteur 101.

L'émetteur du transistor 45 est, par ailleurs, relié à
20 la cathode d'une diode Zener 51 dont l'anode est connectée par une résistance 52 à la borne négative du moteur 101 réunie à la masse 38, un condensateur intégrateur 53 étant par ailleurs disposé entre la borne positive du moteur et ledit émetteur.

25 Le fonctionnement du montage 3 de la figure 7 est bien connu : de même que pour le montage de la figure 6, les thyristors 28 et 29 constituent avec les diodes 26 et 27 un pont de redressement alimentant le moteur 101 par une tension continue pulsée formée de portions d'arches de sinusoides dont la durée varie en fonction inverse du retard à
30 l'amorçage des thyristors par rapport à l'origine desdites arches ; le rôle du thermoplongeur 40 consiste à limiter le courant de crête circulant dans l'induit du moteur, l'énergie ainsi dissipée par effet Joule étant récupérée pendant
35 le cycle de lavage de la machine.

Les gâchettes des thyristors 28 et 29 sont commandées par le générateur d'impulsions constitué par les deux tran-

sistors 45 et 46 de types complémentaires montés tête-bêche assimilables à un transistor tétrode dont le déclenchement est provoqué pour un rapport déterminé entre la tension d'émetteur du transistor 45 et la tension appliquée aux collecteurs et bases réunis des transistors 45 et 46.

La paire de transistors 45,46 est alimentée depuis le groupe de diodes 41,42 en tension positive pulsée écrêtée par la diode Zener 44, ladite tension n'étant bien entendu présente que pendant les périodes de blocage des thyristors 28 et 29.

La grandeur de consigne utilisée pour la régulation est la tension de force électro-motrice d'induit développée par le moteur 101 fonctionnant en génératrice pendant les intervalles de temps où les thyristors 28 et 29 sont bloqués ; cette tension étant pratiquement proportionnelle à la vitesse de rotation, l'absence de celle-ci au démarrage fait que le déclenchement de la paire de transistors 45,46 intervient très tôt après le début de chaque alternance du secteur et le moteur est pratiquement alimenté en pleine onde.

Au fur et à mesure que le moteur accélère, la force électro-motrice croît sur l'anode de la diode Zener 51, et dès que le seuil d'amorçage de cette dernière est atteint, la tension de régulation partiellement intégrée par le condensateur 53 est appliquée sur l'émetteur du transistor 45 le rendant plus négatif et retardant aussi le déclenchement ; à ce moment, la régulation devient effective, toute variation de la FEM modifiant le délai de déclenchement des transistors 45,46 dans un sens tel qu'il tende à compenser les dites variations, et par conséquent à maintenir constante la vitesse du moteur qui, par ailleurs peut être ajustée en jouant sur la valeur de la résistance 49.

Dans le montage de la figure 7, la tension issue du générateur 8 est appliquée sur la connexion commune collecteur-base des transistors 45 et 46 ; des conditions de fonctionnement identiques peuvent être obtenues en appliquant le signal, soit à l'extrémité de la résistance 50 reliée à la connexion commune base-collecteur des transistors 45 et 46,

soit encore sur l'émetteur du transistor 45.

Sur la figure 8, une forme de réalisation du générateur 8, du type en T ponté fournissant une tension sinusoïdale, comporte un transistor 54, de type NPN, dont l'émetteur est
5 relié à la masse 38 et dont le collecteur, alimenté depuis une source + Vb à travers une résistance 55, constitue la borne de sortie ; le collecteur et la base sont rétrocouplés par trois réseaux RC, l'un parallèle 56, 57, et les deux autres en T, 58, 59, 60 et 61, 62, 63 ; ce type de gé-
10 nérateur, dont le fonctionnement est bien connu, est réalisé en composants discrets et peut être employé préférentiellement avec le montage de la figure 7 qui fait lui-même appel à ces types de composants.

Sur la figure 9, une autre forme de réalisation du générateur 13, fournissant une tension rectangulaire telle que
15 celle des figures 2a et 5a, comporte deux portes "NON-OU" 64 et 65 dont les entrées réunies et les sorties sont rétrocouplées par un réseau constitué de deux résistances 66, 67 et d'un condensateur 68.

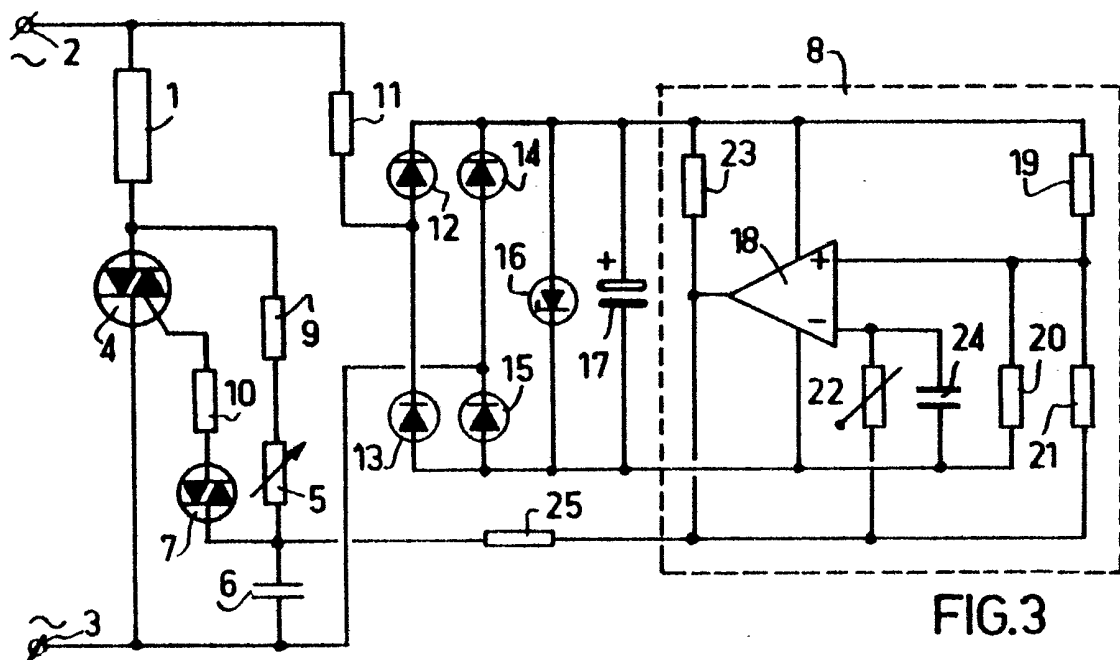
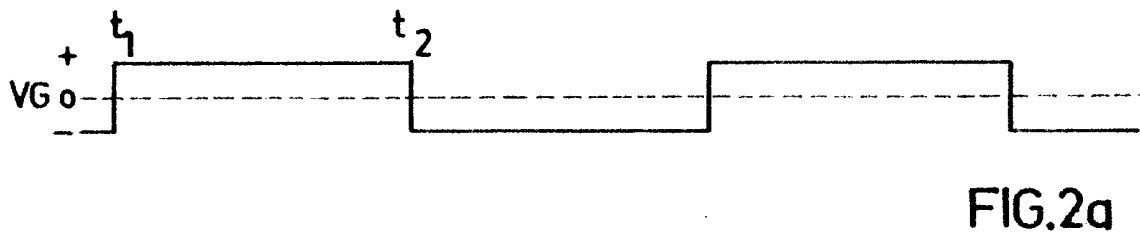
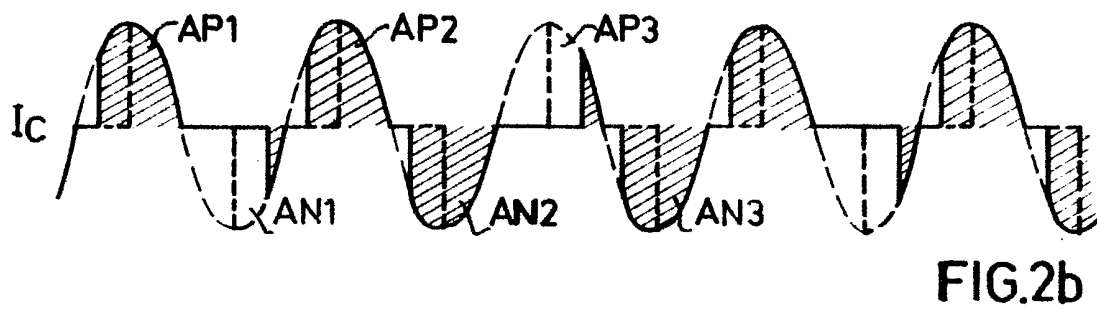
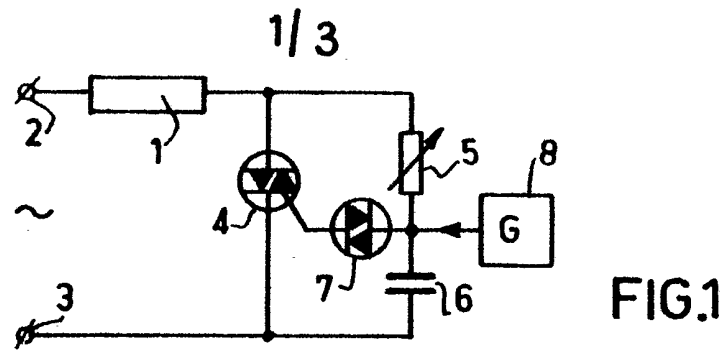
20 Ce type de générateur sera, de préférence, mis en oeuvre avec le montage de la figure 6 qui comporte dans sa réalisation complète de nombreux circuits logiques multiples en circuits intégrés parmi lesquels il est aisé de trouver les deux portes 64 et 65.

25 Ainsi qu'il a été indiqué plus haut, la forme de la tension périodique fournie par le générateur 8 a peu d'influence sur le résultat obtenu.

Dans le cas où cette tension est sinusoïdale, le point d'amorçage de chaque alternance se déplace progressivement,
30 tandis que dans l'exemple décrit de mise en oeuvre d'une tension rectangulaire, ce déplacement est fixe pour un petit groupe d'alternances.

- REVENDICATIONS -

- 1.- Dispositif pour réduire le taux d'harmoniques engendrés par le découpage de phase du courant circulant dans une charge (1), ladite charge étant reliée au secteur (2-3) par au moins un interrupteur électronique (4) dont l'électrode de commande est connectée à un générateur d'impulsions (5-6-7) synchrones avec la fréquence du secteur, caractérisé en ce que ledit générateur d'impulsions est couplé à un générateur (8) fournissant une tension périodique asynchrone par rapport à la fréquence du secteur.
- 2.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le générateur (8) de tension périodique est relié au point commun à une résistance (5), à un condensateur (6) et à un diac (7), l'autre électrode de ce dernier étant connectée à la gâchette d'un triac (4).
- 3.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le générateur (8) de tension périodique est relié au point commun à une résistance (5), un condensateur (6) et à un diac (7), l'autre électrode de ce dernier étant connectée aux gâchettes réunies de deux thyristors (28-29).
- 4.- Dispositif selon l'ensemble des revendications 1, 2 et 3, caractérisé en ce que le générateur (8) est alimenté à partir d'un pont de diodes (12-13-14-15) branché sur le secteur (2-3).
- 5.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le générateur (8) est connecté à l'une des entrées d'un circuit comparateur (32) dont la sortie est couplée par un générateur d'impulsions (39) aux gâchettes de deux thyristors (28-29).
- 6.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le générateur d'impulsions synchrones est constitué par deux transistors (45,46) disposés tête-bêche.
- 7.- Appareil électroménager, caractérisé en ce qu'il est équipé du dispositif selon la revendication 1 et l'une des revendications 2 à 6.



2/3

FIG. 4

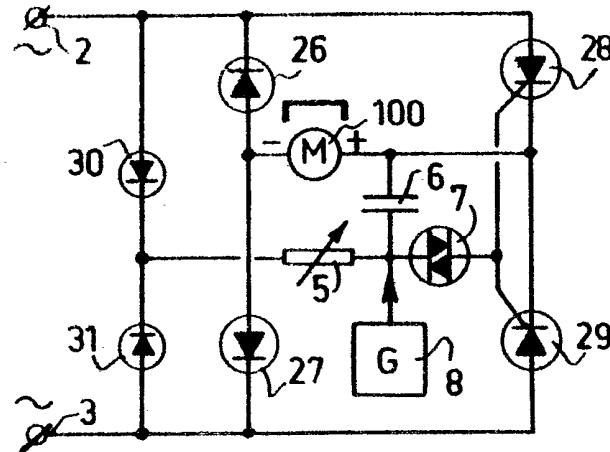


FIG. 5b



FIG. 5a

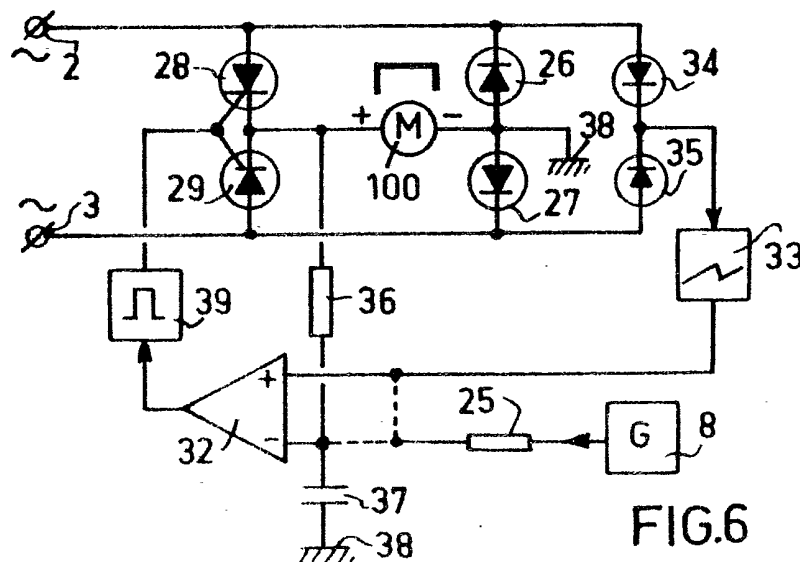


FIG. 6

3/3

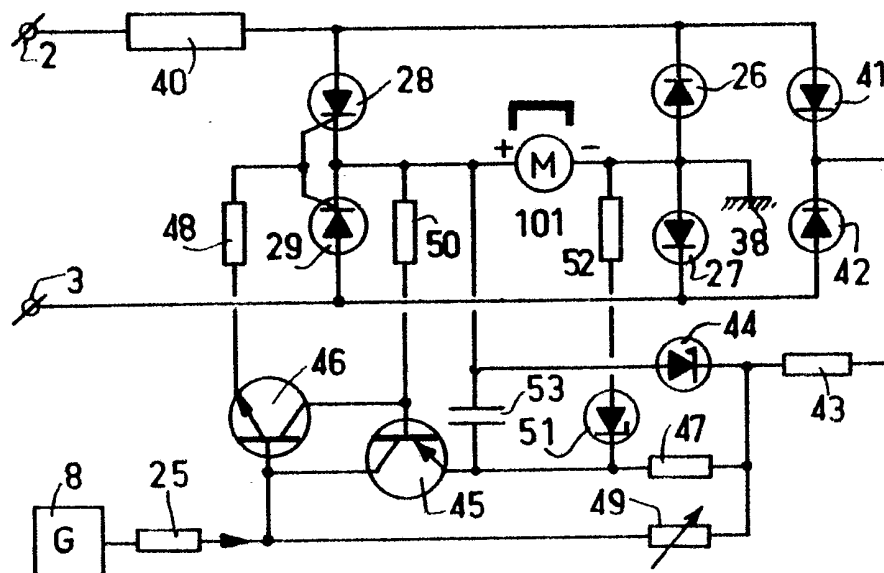


FIG. 7

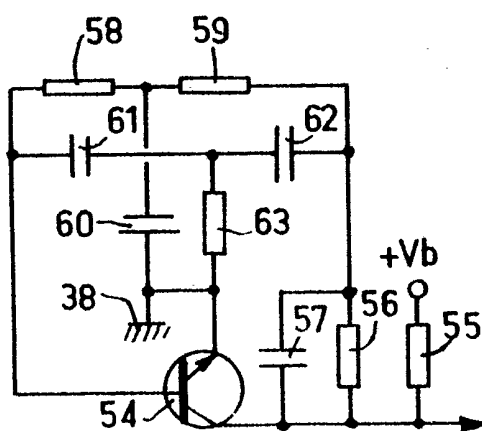


FIG. 8

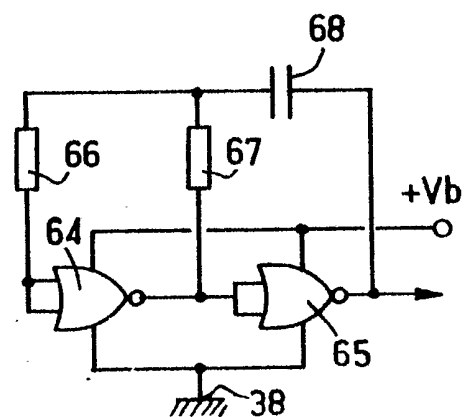


FIG. 9