

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 569 913

②1 N° d'enregistrement national :

84 13668

⑤1 Int Cl^e : H 02 M 3/335.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 5 septembre 1984.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 10 du 7 mars 1986.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : MATRA, société anonyme. — FR.

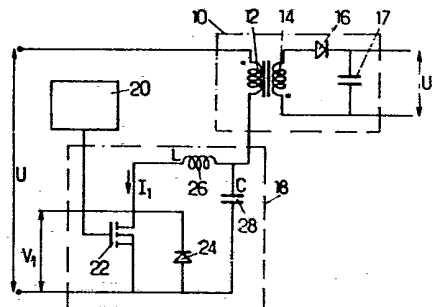
⑦2 Inventeur(s) : Hughes Guilhem et Jean-Claude Matt.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Plasseraud.

⑤4 Convertisseur de courant continu en courant continu à découpage.

⑤7 Le convertisseur, utilisable notamment lorsqu'on re-
cherche un rendement et une puissance volumique élevés,
comporte un transformateur dont le secondaire 14, destiné à
alimenter une charge, est muni d'un redresseur 16, 17, et dont
le primaire 12 est prévu pour être relié à une source de
tension continue U par l'intermédiaire de moyens de commuta-
tion statiques 18 permettant de moduler en rapport cyclique la
tension appliquée au primaire. Les moyens de commutation
comportent au moins un élément de commutation statique 22
à état solide associé à un circuit oscillant 26, 28 et à des
moyens de commande 20 rendant l'organe de commutation
conducteur à des instants successifs, à fréquence variable, et
sensible à l'inversion du courant d'alimentation du primaire à
travers l'élément de commutation statique, pour bloquer en
réponse cet élément de commutation jusqu'à ce qu'il soit
rendu de nouveau conducteur.



FR 2 569 913 - A1

D

• Convertisseur de courant continu en courant continu à découpage

L'invention concerne les convertisseurs de courant continu en courant continu à découpage, du type
5 comportant un transformateur élévateur ou abaisseur de tension dont le secondaire, destiné à alimenter une charge, est muni d'un redresseur, et dont le primaire est prévu pour être relié à une source de tension continue par l'intermédiaire de moyens de commutation sta-
10 tiques permettant de moduler en rapport cyclique la tension appliquée au primaire (le rapport cyclique D étant défini par $D = t_1 / (t_1 + t_2)$, t_1 étant le temps de conduction et t_2 le temps de non conduction).

On connaît déjà de très nombreux convertisseurs
15 du type ci-dessus défini. Ils comportent en général un circuit de régulation de la tension de sortie, qui peut notamment utiliser une commande du rapport cyclique d'ouverture des moyens de commutation statiques, en réponse à une tension d'erreur prélevée au secondaire du
20 transformateur. La modification du rapport cyclique peut être effectuée en donnant aux impulsions de courant appliquées au primaire une largeur fixe et en commandant la fréquence d'application des impulsions (US-A-4 257 089).

25 De nombreuses applications exigent la recherche d'un rendement élevé et d'une puissance volumique ou massique également élevée. On a cherché à atteindre le premier résultat en réduisant la durée de basculement des moyens de commutation statiques, généralement constitués par un ou plusieurs transistors (US-A-4 312 029).
30 Mais l'utilisation directe d'un transistor, comme organe commutateur pour couper le courant nominal de fonctionnement, conduit à des pertes de commutation très importantes, qui augmentent avec la fréquence de travail. En
35 conséquence, on a adopté des fréquences de fonctionnement qui ne dépassent pas 100 à 200 kHz et exigent

pourtant l'adjonction, au transistor, de réseaux d'aide à la commutation pour limiter les pertes.

L'invention vise à fournir un convertisseur de courant continu en courant continu du type ci-dessus défini répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'il présente des pertes réduites et est susceptible de fonctionner à des fréquences élevées, autorisant des puissances massives supérieures à celles précédemment obtenues, du fait notamment de la réduction possible de la masse et du volume du transformateur.

Dans ce but, l'invention propose notamment un convertisseur dans lequel les moyens de commutation comportent au moins un élément de commutation statique à état solide associé à un circuit oscillant et à des moyens de commande rendant l'organe de commutation conducteur à des instants successifs, à fréquence variable et sensible à l'inversion du courant d'alimentation du primaire à travers l'élément de commutation statique, pour bloquer en réponse cet élément de commutation jusqu'à ce qu'il soit rendu de nouveau conducteur.

L'élément de commutation statique sera généralement un transistor, et on utilisera souvent un transistor MOS. Cependant, on peut utiliser également des transistors bipolaires et même des thyristors rapides.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes particuliers d'exécution, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe d'un convertisseur constituant un premier mode d'exécution de l'invention.

- les figures 2A, 2B et 2C sont des diagrammes montrant respectivement la variation en fonction du temps de la tension V_1 aux bornes de l'élément de

commutation du convertisseur de la figure 1, du courant I_1 traversant l'inductance associée à l'élément de commutation, et du signal de commande appliqué à l'élément de commutation,

- 5 - les figures 3 et 4, similaires à la figure 1, montrent des variantes de réalisation,
- la figure 5 montre une constitution possible du circuit de commande des figures 1 et 3,
- la figure 6, similaire à la Figure 1, montre
- 10 une variante de réalisation.

Le convertisseur continu-continu montré en figure 1 comporte, de façon classique, un ensemble 10 comprenant un transformateur 12,14, dont le secondaire 14 fournit la tension de sortie U_s par l'intermédiaire d'un

15 redresseur schématisé sous forme d'une diode 16 et d'un condensateur de filtrage 17.

Le primaire 12 du transformateur, qui peut être élévateur ou abaisseur de tension, est alimenté, à partir d'une source de tension continue U , par l'intermédiaire d'un commutateur électronique 18 associé à un

20 circuit de commande 20 permettant de réguler la tension de sortie U_s .

Le commutateur électronique 18 est prévu pour avoir des pertes faibles en commutation et pour pouvoir

25 travailler à fréquence élevée. Il comporte un élément de commutation statique 22 formé, dans le mode de réalisation de la figure 1, par un transistor MOS rapide, qui peut être à canal P ou N. On pourrait toutefois utiliser également un transistor bipolaire rapide. L'électrode de

30 commande de l'élément de commutation 22, c'est-à-dire la porte, est reliée au circuit de commande 20. Les électrodes de l'élément 22 reliées au circuit de puissance (source et drain) sont reliées par un élément à conduction unidirectionnelle 24 constituant élément de protection.

35 Cet élément sera généralement une diode rapide, ayant un temps de recouvrement ne dépassant pas 50

nanosecondes environ dans le cas où l'on souhaite arriver à des fréquences de fonctionnement très élevées allant de 500 kHz à quelques MHz. Dans certains cas, la diode 24 peut être omise, la diode parasite inverse d'un transistor MOS suffisant à écouler le courant inverse.

L'élément de commutation 22 est associé à un circuit oscillant comportant une inductance 26 de valeur L et un condensateur 28 de capacité C. Dans la pratique, le condensateur aura généralement une capacité C de quelques nanofarads.

Le commutateur électronique 18 qui vient d'être décrit est susceptible d'être utilisé pour alimenter des charges de natures diverses, qui peuvent notamment être des ensembles 10 ayant une topologie différente de celle montrée sur la figure 1. Quant au circuit de commande 20, il peut également avoir des constitutions très diverses, à condition de fournir un signal de commande rectangulaire dont l'un des fronts est commandé par le passage à zéro du courant I_1 traversant l'inductance 26 et l'élément de commutation 22.

Le fonctionnement du convertisseur est le suivant :

L'élément 22 étant supposé initialement bloqué, le front montant du signal rectangulaire provenant du circuit 20 rend l'élément 22 conducteur. La tension V_1 à ses bornes tombe à une valeur proche de zéro. Au cours de la phase de mise en conduction, le courant I_1 reste très faible. Il augmente progressivement jusqu'à un instant t_1 , puis diminue, s'annule à un instant t_2 et change de signe. Le courant de sens inverse traverse la diode 24 montée en parallèle avec l'élément 22.

Au cours de cette phase de courant négatif, jusqu'à un instant t_3 , l'élément de commutation 22 est bloqué. Puis, le fonctionnement reprend au front montant suivant.

En réponse au changement de signe du courant I_1 ,

le circuit 20, muni d'un capteur non représenté, ramène à zéro la tension de commande appliquée à l'élément de commutation 22. Cette tension de commande se présente donc sous forme d'un signal rectangulaire de l'instant t_0 à l'instant $t_2 + \delta t$ (δt désignant le temps de réponse du circuit 20 au changement de signe de I_1).

On voit que la commutation intervient sensiblement à courant nul et que les pertes de blocage sont donc très faibles.

Le réseau LC (inductance 26 et condensateur) peut être ramené au secondaire du transformateur. L'inductance 26 peut même être incorporée au secondaire 14, en créant sur cette dernière une inductance de fuite. On arrive ainsi au mode de réalisation montré en figure 3, où les organes déjà montrés en figure 1 portent le même numéro de référence.

Le circuit de commande 20 peut, entre autres constitutions, avoir celle montrée à titre d'exemple en figure 5. Le circuit de la figure 5 comprend un détecteur de signe du courant 30, qui peut être de n'importe quel type classique, à condition d'avoir une réponse rapide, attaquant l'entrée de positionnement d'une bascule 32. L'entrée de rétablissement de la bascule 32 reçoit le signal de sortie d'un convertisseur tension/fréquence 34 et la sortie Q de la bascule attaque la porte du transistor MOS constituant l'élément de commutation 22. Dans le cas où la grandeur à réguler est constituée par la tension de sortie U_s de l'ensemble 10, cette tension, ou une valeur qui lui est proportionnelle, est appliquée à l'entrée d'un amplificateur différentiel 36. L'autre entrée de l'amplificateur 36 est reliée à un générateur de tension de consigne V_s . Un tel circuit de commande fait varier la fréquence de fonctionnement, ce qui permet de donner au dispositif une plage de variations de la tension de sortie U_s plus étendue que celle d'un système à découpage classique, à

fréquence de découpage constante et à rapport cyclique variable.

Les modes de réalisation montrés en figures 1 et 3 comportent un seul commutateur. Il est également possible de réaliser des dispositifs à plusieurs commutateurs. La figure 4 donne un exemple de réalisation comportant deux jeux de moyens de commutation. Sur la figure 4, les organes correspondant à ceux des figures 1 et 3 portent le même numéro de référence, affectés d'un indice a pour l'un des jeux de moyens de commutation, de l'indice b pour l'autre. Le circuit de commande comporte un élément de synchronisation 38 commandant les circuits 20a et 20b en opposition de phases.

Il est évidemment possible de prévoir plus de deux jeux de moyens de commutation et également de prévoir plusieurs tensions de sortie.

Enfin, on peut réaliser, par juxtaposition de dispositifs du type qui vient d'être décrit, des convertisseurs réversibles deux ou quatre quadrants, permettant une circulation de puissance dans les deux sens.

L'invention est susceptible de très nombreuses applications, chaque fois qu'on recherche une puissance volumique élevée et un rendement satisfaisant. On peut notamment citer les applications au domaine spatial où la recherche d'une puissance massique élevée est un impératif. Mais, ce domaine n'est pas exclusif et l'invention est notamment applicable aux domaines aéronautique, militaire, informatique, de la mesure et des produits grands publics.

Enfin, plusieurs convertisseurs peuvent être placés en parallèle de façon à augmenter la puissance disponible, chacun des convertisseurs pouvant avoir la topologie dite Cùk à transport d'énergie par capacité, tels que décrits par exemple dans l'article "A New Zero Ripple Switching DC - to DC Converter and Integrated Magnetics" par Slobodan Cùk, CH 1529, 1980, IEEE. La

Figure 6, où les éléments correspondant à ceux de la Figure 1 portent le même numéro de référence, montre la constitution générale d'un convertisseur suivant l'invention à topologie Cùk.

REVENDEICATIONS

1. Convertisseur de courant continu en courant continu à découpage, comportant un transformateur dont le secondaire (14), destiné à alimenter une charge, est muni d'un redresseur (16,17), et dont le primaire (12) est prévu pour être relié à une source de tension continue (U) par l'intermédiaire de moyens de commutation statiques (18) permettant de moduler en rapport cyclique la tension appliquée au primaire, caractérisé en ce que les moyens de commutation comportent au moins un élément de commutation statique (22) à état solide associé à un circuit oscillant (26,28) et à des moyens de commande (20) rendant l'organe de commutation conducteur à des instants successifs, à fréquence variable, et sensible à l'inversion du courant d'alimentation du primaire à travers l'élément de commutation statique, pour bloquer en réponse cet élément de commutation jusqu'à ce qu'il soit rendu de nouveau conducteur.

2. Convertisseur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément de commutation statique est un transistor MOS.

3. Convertisseur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'élément de commutation est monté en parallèle avec une diode (24) destinée à écouler le courant inverse.

4. Convertisseur selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que lesdits moyens de commande (20) comportent un amplificateur différentiel (36) qui reçoit sur une entrée une tension représentative d'un paramètre de fonctionnement à régler, et sur l'autre entrée une tension de consigne (Vs) et qui commande un convertisseur tension/fréquence (34) déterminant ladite fréquence variable.

5. Convertisseur selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits moyens de commande comportent également une bascule (32) dont une entrée reçoit

le signal de sortie du convertisseur et l'autre entrée reçoit le signal de sortie d'un élément sensible à l'inversion du sens du courant.

5 6. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le circuit oscillant comprend une self en série avec le primaire du transformateur et l'élément de commutation, et un condensateur en parallèle avec l'ensemble de l'élément de commutation et de la self.

FIG.1.

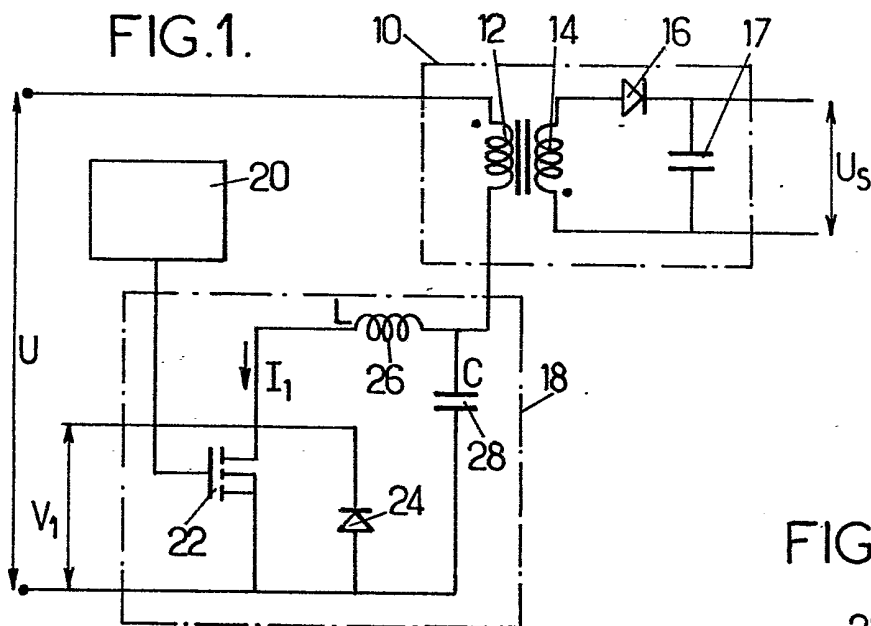


FIG.3.

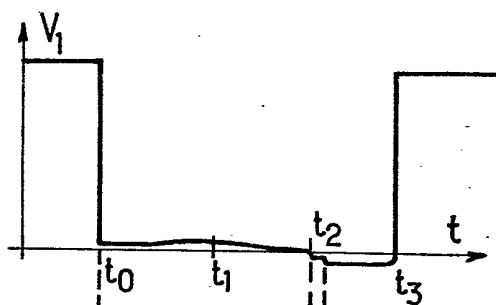
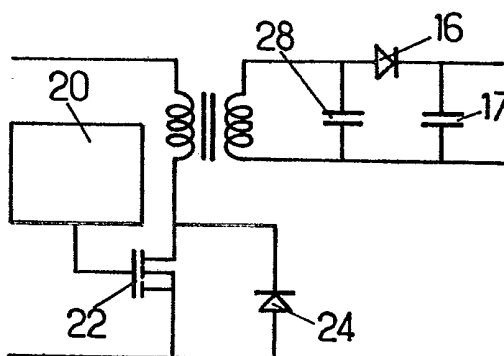


FIG.2A.

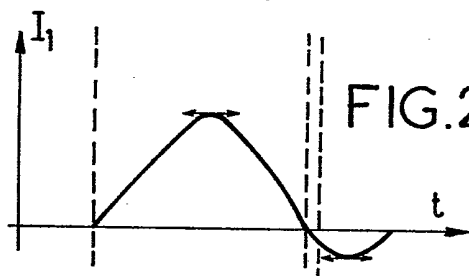


FIG.2B.

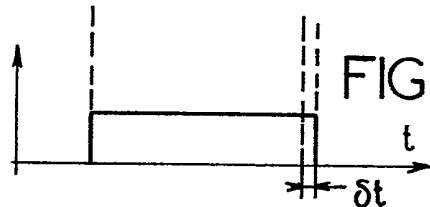


FIG.2C.

FIG.5.

