

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 928 056**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **08 51101**

51) Int Cl<sup>8</sup> : H 02 M 1/32 (2006.01), H 02 M 5/458

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

22) Date de dépôt : 21.02.08.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.08.09 Bulletin 09/35.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS Société par actions simplifiée — FR.

72) Inventeur(s) : BAUDESSON PHILIPPE et BOULHARTS HOCINE.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS.

54) **DISPOSITIF DE PROTECTION D'UN VARIATEUR DE VITESSE CONTRE LES SURINTENSITES.**

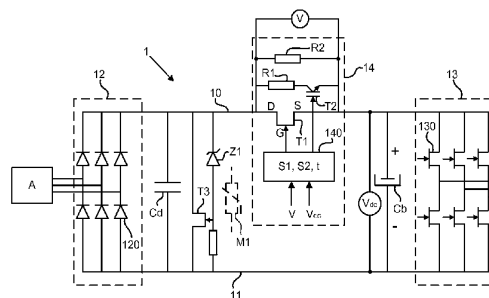
57) L'invention concerne un variateur de vitesse comportant:

- un module redresseur (12) pour générer sur un bus de puissance (10, 11) une tension continue à partir d'une tension alternative disponible sur un réseau électrique d'alimentation (A),

- un condensateur de bus (Cb) connecté entre une ligne positive et une ligne négative du bus de puissance, et

- un module onduleur (13) alimenté par le bus de puissance et commandé pour délivrer une tension alternative à une charge électrique (2),

- un dispositif de protection (14) du variateur contre les surintensités liées à des variations de tension sur le réseau électrique d'alimentation (A).



FR 2 928 056 - A1



## Dispositif de protection d'un variateur de vitesse contre les surintensités

La présente invention se rapporte à un variateur de vitesse doté d'un  
5 dispositif de protection contre les surintensités générées par des surtensions ou des  
sous-tensions sur le réseau électrique d'alimentation.

De manière connue, un variateur de vitesse est connecté au réseau  
électrique d'alimentation et destiné à commander une charge électrique. Il comporte  
10 en entrée un module redresseur de tension qui transforme une tension alternative  
fournie par le réseau électrique en une tension continue et qui alimente en aval un  
bus de puissance doté d'une ligne positive et d'une ligne négative. Un condensateur  
de filtrage, appelé communément condensateur de bus, est monté entre une borne  
positive et une borne négative du bus de puissance. En sortie, le variateur comporte  
15 un module onduleur alimenté par le bus de puissance, permettant de générer, à partir  
de la tension continue, une tension alternative qui peut être d'amplitude et de  
fréquence variables en utilisant des interrupteurs électroniques par exemple de type  
transistor IGBT commandés par Modulation à Largeur d'Impulsions (MLI ou PWM).

Le réseau électrique d'alimentation peut subir différents types de  
20 perturbations telles que des surtensions ou des sous-tensions. Les perturbations  
peuvent être de forte amplitude et de courte durée, donc faiblement énergisantes ou  
de faible amplitude et de longue durée, donc fortement énergisantes. Si les  
perturbations sont fortement énergisantes, certains composants du variateur comme  
les diodes du module redresseur, le condensateur de bus ou les transistors du  
25 module onduleur peuvent se détériorer.

Le but de l'invention est donc de proposer un variateur de vitesse permettant  
d'absorber sans dommage les perturbations du réseau électrique.

Ce but est atteint par un variateur de vitesse comportant :

- en entrée, un module redresseur pour générer sur un bus de puissance  
30 une tension continue à partir d'une tension alternative disponible sur un  
réseau électrique d'alimentation,
- un condensateur de bus connecté entre une ligne positive et une ligne  
négative du bus de puissance, et

- un module onduleur alimenté par le bus de puissance et commandé pour délivrer une tension alternative à une charge électrique,

caractérisé en ce que :

- le variateur comprend un dispositif de protection du variateur contre les surintensités liées à des variations de tension sur le réseau électrique d'alimentation,

et en ce que le dispositif comporte :

- un premier interrupteur électronique placé sur le bus de puissance en série entre le module redresseur et le condensateur de bus,
- une première résistance montée en parallèle du premier interrupteur électronique,
- un ensemble comprenant un second interrupteur électronique et une seconde résistance montés en série, ledit ensemble étant monté en parallèle du premier interrupteur électronique et de la première résistance,
- des moyens de commande du premier interrupteur électronique et du second interrupteur électronique.

Selon une particularité, le dispositif de protection est monté sur la ligne positive du bus de puissance.

Préférentiellement, le premier interrupteur électronique est un transistor de type JFET, normalement fermé réalisé dans un matériau à grande énergie de bande interdite tel que par exemple le carbure de silicium.

Selon une particularité, les moyens de commande du transistor JFET sont connectés entre la ligne positive et la ligne négative du bus de puissance. Ces moyens de commande comprennent par exemple un circuit pompe de charge apte à appliquer une tension de commande au transistor JFET.

Préférentiellement, le second interrupteur électronique est de type normalement ouvert. Les moyens de commande du second interrupteur électronique comprennent un circuit pompe de charge apte à appliquer une tension de commande au second interrupteur électronique.

Selon l'invention, les moyens de commande comportent des moyens de mémorisation mémorisant une valeur seuil pour la tension mesurée aux bornes du transistor JFET au-dessus de laquelle le transistor JFET est commandé à l'ouverture par les moyens de commande. Les moyens de mémorisation mémorisent également une durée prédéterminée au bout de laquelle si la tension mesurée aux bornes du

transistor JFET reste supérieure à la valeur seuil, le second interrupteur électronique est commandé à la fermeture. Les moyens de mémorisation peuvent mémoriser une valeur seuil pour la tension mesurée entre la ligne positive et la ligne négative du bus de puissance au-dessus de laquelle le second interrupteur électronique est  
5 commandé à la fermeture.

De préférence, le variateur comporte en outre un dispositif pour protéger le module redresseur contre les surtensions. Ce dispositif pour protéger le module redresseur contre les surtensions comporte par exemple un transistor de limitation de type JFET normalement fermé et une diode Zener connectés tous deux en parallèle  
10 entre la ligne positive et la ligne négative du bus de puissance. En variante, le dispositif pour protéger le module redresseur contre les surtensions comporte une varistance de type GMOV connectée entre la ligne positive et la ligne négative du bus de puissance.

15 D'autres caractéristiques et avantages vont apparaître dans la description détaillée qui suit en se référant à un mode de réalisation donné à titre d'exemple et représenté par les dessins annexés sur lesquels la figure 1 représente de manière simplifiée un variateur de vitesse doté du dispositif de protection de l'invention.

20 En référence à la figure 1, un variateur de vitesse 1 comporte une source de tension continue qui alimente un bus de puissance avec une tension continue Vdc (par exemple de l'ordre de 200 à 800Vcc ou plus, suivant les conditions d'utilisation). Le bus de puissance est composé d'une ligne positive 10 et d'une ligne négative 11. Un condensateur de bus Cb est habituellement utilisé pour maintenir constante la  
25 tension continue Vdc du bus de puissance. Ce condensateur de bus Cb est connecté entre une borne positive et une borne négative du bus de puissance et est généralement de type électrolytique.

Sur la figure 1, le variateur 1 comporte en entrée un module redresseur 12  
30 qui est destiné à redresser une tension triphasée alternative provenant d'un réseau d'alimentation extérieur A (par exemple un réseau électrique triphasé 380Vac). Ce module redresseur 12 utilise avantageusement des diodes 120 qui sont plus économiques et plus fiables que des thyristors.

Le variateur de vitesse 1 comporte ensuite en sortie un module onduleur 13 permettant, à partir du bus de puissance, de commander une charge électrique 2

avec une tension alternative qui peut être d'amplitude et de fréquence variables. Le module onduleur 13 utilise pour cela une commande par Modulation à Largeur d'Impulsions (MLI ou PWM) pour commander des interrupteurs électroniques de puissance 130 montés sur chaque phase. Ces interrupteurs sont des transistors de puissance, par exemple de type IGBT, commandés par un module de commande, non représenté sur la figure. Sur la figure 1, le module onduleur 13 comporte trois bras pour délivrer une tension alternative triphasée à la charge électrique 2, chaque bras étant doté de deux transistors de puissance en série entre une borne positive et une borne négative du bus de puissance, soit un total de six transistors de puissance.

10

L'invention consiste à placer un dispositif de protection 14 dans le variateur pour le protéger contre les surintensités liées à des variations de tension sur le réseau électrique d'alimentation A.

Ces surintensités peuvent être générées par deux phénomènes distincts :

- 15 - lors d'une surtension, il se produit un fort appel de courant dans le condensateur de bus Cb ce qui peut causer la détérioration du pont de diodes du module redresseur 12 et une forte surtension sur le bus de puissance ce qui peut causer la détérioration du module onduleur 13 et du condensateur de bus Cb,
- 20 - lors d'un retour à la normale, après une sous-tension, il se produit également un fort appel de courant dans le condensateur de bus Cb ce qui peut causer la détérioration du pont de diodes du module redresseur 12.

Il est donc nécessaire de limiter le courant d'appel dans le module redresseur 12 pour le préserver lors d'une surtension ou après une sous-tension apparaissant sur le réseau A.

Pour cela le dispositif 14 de l'invention comporte notamment un premier interrupteur électronique par exemple de type JFET, MOSFET ou IGBT normalement ouvert ou normalement fermé.

30 Préférentiellement, le premier interrupteur électronique est réalisé dans un matériau à grande énergie de bande interdite (appelé également "matériau à grand gap" ou "wide-band gap material"), c'est-à-dire présentant une faible résistance à

l'état passant  $R_{dson}$  et capable de supporter des tensions importantes (supérieures à 1000 V), comme par exemple du carbure de silicium ou du nitrure de gallium (GaN).

Ce premier interrupteur électronique est préférentiellement de type JFET. Un transistor JFET est un interrupteur électronique de puissance connu qui comporte une  
5 Grille de commande (G) dont la fonction est d'autoriser ou non le passage d'un courant entre un Drain (D) et une Source (S). Un tel transistor est dit de type normalement fermé (ou "Normally ON") si la tension  $V_{GS}$  entre la Grille et la Source est proche de zéro. Cela signifie que le chemin Drain-Source est passant ou conducteur en l'absence de tension de commande  $V_{GS}$ . Inversement un transistor  
10 JFET est dit du type normalement ouvert (ou "normally OFF") si le chemin Drain-Source n'est pas conducteur en l'absence de tension  $V_{GS}$  entre Grille et Source.

De plus, il s'avère qu'un transistor JFET normalement fermé offre de meilleures performances que d'autres types d'interrupteurs électroniques de puissance commandés en tension, tels que des MOSFET, des IGBT ou même des  
15 interrupteurs de type JFET normalement ouvert. En effet, un tel interrupteur présente notamment les avantages d'être plus rapide à commuter, de générer moins de pertes en conduction à l'état passant (faible résistance  $R_{Dson}$  à l'état passant), d'avoir une meilleure tenue en température et d'avoir une taille plus petite.

Le dispositif de protection 14 de l'invention comporte donc préférentiellement  
20 un transistor JFET T1, normalement fermé, réalisé dans un matériau à grande énergie de bande interdite comme le carbure de silicium ou le nitrure de gallium. Le transistor T1 est monté sur la ligne positive 10 du bus de puissance entre le module redresseur 12 et le condensateur de bus Cb. Le dispositif 14 comporte également une première résistance R1 montée en parallèle du transistor T1 et un ensemble constitué d'une  
25 seconde résistance R2 et d'un second interrupteur électronique en série, cet ensemble étant monté en parallèle du transistor T1 et de la première résistance R1. Le second interrupteur électronique est par exemple un transistor T2 de type IGBT normalement ouvert.

La première résistance a une valeur forte, de l'ordre de plusieurs dizaines  
30 d'Ohms, par exemple de 70 Ohms (pour un variateur de 4kW, de 100 Ohms à 10 Ohms), tandis que la seconde résistance a une valeur faible, de l'ordre de quelques Ohms, par exemple 3 Ohms (pour un variateur de 4kW, de 5 Ohms à 0.5 Ohm).

Le dispositif de l'invention comporte en outre des moyens de commande 140 du transistor T1 et du transistor T2. Ces moyens de commande 140 comprennent

notamment des moyens de traitement pour décider de la commutation des transistors T1 et T2, des moyens de mémorisation de différentes valeurs seuils, une alimentation destinée à la commande du transistor T1 et une alimentation destinée à la commande du transistor T2. Les alimentations employées sont par exemple des circuits pompe de charge ("charge pump circuit" en anglais) qui comprennent par exemple un condensateur se chargeant à partir du bus de puissance lors de la pré-charge du circuit et une diode Zener montée en parallèle du condensateur. Le circuit pompe de charge destiné à la commande du transistor T2 électronique prend sa source sur le Drain du transistor T1 tandis que le circuit pompe de charge du transistor T1 prend sa source sur la Source du transistor T1. Il est également possible d'utiliser des alimentations externes isolées pour commander les transistors T1 et T2 mais dans ce cas les moyens de commande 140 ne sont plus alimentés directement à partir du bus de puissance et le circuit n'est donc plus autonome. Dans ce cas, on pourrait envisager d'utiliser un transistor T1 de type normalement ouvert et de disposer le dispositif de protection 14 de l'invention sur la ligne négative 11 du bus de puissance, entre le module redresseur 12 et le condensateur de bus Cb.

Le variateur 1 comporte en outre un condensateur de découplage Cd connecté entre la ligne positive 10 et la ligne négative 11 du bus de puissance, en aval du module redresseur 12 et en amont du dispositif de protection 14. Ce condensateur de découplage Cd sert à écrêter, sur une durée limitée, les fortes surtensions apparaissant sur le réseau électrique d'alimentation A.

Selon que le variateur 1 est en pré-charge au démarrage, subit une surtension réseau ou une sous-tension, le dispositif de protection 14 du variateur 1 fonctionne de la manière suivante :

25

- Au démarrage :

Le transistor T1 est initialement passant. Sa résistance à l'état passant ( $R_{dson}$ ) est très faible. La tension  $V$  mesurée aux bornes du transistor T1 est donc également très faible. Le transistor T2 est initialement ouvert.

30

Le transistor T1 passe en limitation dès que le courant qui le traverse devient supérieur à son courant de limitation. Le courant de limitation est suffisant pour charger les deux condensateurs des circuits pompe de charge des transistors T1 et T2. Une fois que le condensateur du circuit pompe de charge du transistor T1 est

chargé, les moyens de commande 140 appliquent une tension pour commander l'ouverture de T1 afin de charger le condensateur de bus Cb via la première résistance R1. La première résistance R1 a une valeur forte ce qui permet de charger le condensateur de bus Cb lentement et de remplir la fonction d'un circuit de pré-charge. Si la tension Vdc aux bornes du condensateur de bus est supérieure à une première valeur seuil S1 mémorisée, par exemple 250 Volts, il est possible de commander le transistor T2 à la fermeture pour accélérer la charge du condensateur de bus Cb, la seconde résistance R2 en série avec T2 présentant une valeur plus faible que celle de la première résistance R1. Cette dernière fonctionnalité est optionnelle dans le dispositif de l'invention. Elle présente un intérêt dans le cas où le condensateur de bus Cb dispose d'une capacité importante.

Lorsque la tension V mesurée aux bornes du transistor T1 est à nouveau nulle, cela signifie que le démarrage est terminé. En effet si la tension V mesurée aux bornes du transistor T1 est nulle, cela signifie que plus aucun courant ne traverse la première résistance R1 ou la seconde résistance R2 et donc que le condensateur de bus Cb est complètement chargé. Les moyens de commande peuvent alors piloter le transistor T1 à la fermeture en coupant son alimentation et piloter T2 à l'ouverture si la fonctionnalité "charge rapide du condensateur de bus" a été utilisée.

20 - Surtension réseau

Lorsqu'une surtension se produit sur le réseau électrique d'alimentation A, il se produit un fort appel de courant dans le condensateur de bus Cb. Le courant circulant à travers le transistor T1 augmente donc rapidement jusqu'à ce que le transistor T1 passe en limitation. La résistance du transistor T1 augmente alors pour limiter le courant ce qui entraîne une augmentation de la tension V mesurée aux bornes du transistor T1. Si la tension V aux bornes du transistor T1 dépasse une seconde valeur seuil S2 mémorisée, par exemple fixée à 3 Volts, alors les moyens de commande appliquent une tension de commande sur le transistor T1 pour le piloter à l'ouverture. Dans cette situation, le courant circule alors via la première résistance R1 qui subit alors les effets de la surtension. Lorsque la surtension est terminée, la tension mesurée aux bornes du transistor T1 repasse sous la seconde valeur seuil S2 et les moyens de commande commandent alors le transistor T1 à la fermeture en coupant son alimentation. Il est possible de réduire le courant maximal de limitation en abaissant la seconde valeur seuil S2. Le transistor T1 est alors commandé à

l'ouverture avant qu'il passe en limitation, la tension à ses bornes étant proportionnelle au produit de sa résistance à l'état passant et du courant le traversant.

- Sous-tension réseau

5           Durant une sous-tension sur le réseau d'alimentation du variateur, le transistor T1 est fermé et le condensateur de bus Cb se décharge si une charge électrique 2 est présente sur l'onduleur ou ne se décharge pas si aucune charge électrique 2 n'est présente sur l'onduleur. Après la fin de la sous-tension, lors du retour à une tension normale, si le condensateur de bus Cb n'a pas été déchargé, aucun appel de courant ne se produit. En revanche, si pendant la sous-tension, le condensateur de bus Cb s'est déchargé pour alimenter la charge électrique 2, le condensateur de bus Cb doit être rechargé lors du retour à une tension normale, ce qui produit un fort appel de courant. Pour protéger les composants du variateur, le transistor T1 passe en limitation ce qui entraîne l'augmentation de la tension V mesurée aux bornes du transistor T1. Lorsque la tension V aux bornes du transistor T1 dépasse la seconde valeur seuil S2 définie ci-dessus, par exemple de 3 Volts, les moyens de commande commandent le transistor T1 à l'ouverture. Le courant passe alors par la première résistance R1. S'il existe une charge électrique 2 sur l'onduleur, tout le courant nécessaire à l'alimentation de la charge 2 et au rechargement du condensateur de bus Cb passe alors par la première résistance R1 ce qui entraîne un échauffement progressif de la première résistance R1. Si la tension V mesurée aux bornes du transistor T1 reste supérieure à la seconde valeur seuil S2 au moins pendant une durée t prédéterminée mémorisée, par exemple de 2-3 millisecondes, les moyens de commande 140 commandent la fermeture du transistor T2 afin d'accélérer la charge du condensateur de bus Cb en faisant passer du courant via la seconde résistance R2. En effet si la tension V aux bornes du transistor T1 reste supérieure à la seconde valeur seuil S2 pendant un certain temps, cela signifie que le variateur ne subit pas une surtension temporaire classique mais un retour à la normale après une sous-tension. Lorsque la tension V mesurée aux bornes du transistor T1 repasse sous la seconde valeur seuil S2, les moyens de commande 140 commandent le transistor T1 à la fermeture.

La description ci-dessus des différentes séquences de commande est effectuée en partant d'un dispositif de protection doté d'un transistor T1 normalement

fermé. Cependant, elle doit être comprise de manière identique avec l'emploi d'un transistor T1 de type normalement ouvert. Cependant, dans ce cas, une alimentation isolée spécifique est nécessaire dans les moyens de commande pour commander le transistor T1 normalement ouvert.

5            Selon l'invention, ce dispositif convient bien lorsque le variateur 1 ne comporte pas d'inductance de filtrage (DC choke) sur le bus de puissance et lorsque le condensateur de bus présente une capacité de forte valeur (par exemple supérieur à 80 $\mu$ F par kW).

10            Cette solution seule a cependant l'inconvénient de créer une forte variation d'intensité (fort di/dt) au niveau du module redresseur 12 lorsque le transistor T1 est commandé à l'ouverture lors d'une surtension. Les inductances d'entrée ou inductance de ligne (non représentées sur la figure 1) du variateur 1 subissent alors une forte surtension transitoire ce qui peut entraîner la casse du pont de diodes du module redresseur 12.

15            Afin de dissiper l'énergie ainsi produite, il est possible d'utiliser la caractéristique d'avalanche du transistor T1. Le transistor T1 devient alors passant automatiquement si la tension V à ses bornes dépasse son seuil d'avalanche. Si la tension aux bornes du condensateur de bus atteint 700 Volts et que les diodes du module redresseur sont prévues pour supporter une tension de 1600 volts, le  
20            transistor T1 doit par exemple être dimensionné avec un seuil d'avalanche fixé à 800 Volts. Cependant le transistor T1 doit également être dimensionné pour pouvoir absorber une forte énergie provenant du réseau A.

25            En variante, pour dissiper l'énergie produite, on peut de préférence ajouter en parallèle du condensateur de découplage Cd, une varistance de type GMov M1 (montrée en traits pointillés) ou un transistor JFET T3 normalement ouvert doté en parallèle d'une diode Zener Z1. Le transistor T3 sera par exemple commandé à la fermeture en utilisant sa caractéristique d'avalanche ou à l'aide d'une commande spécifique.

## REVENDEICATIONS

1. Variateur de vitesse comportant :
  - 5 - en entrée, un module redresseur (12) pour générer sur un bus de puissance (10, 11) une tension continue à partir d'une tension alternative disponible sur un réseau électrique d'alimentation (A),
  - un condensateur de bus (Cb) connecté entre une ligne positive et une ligne négative du bus de puissance, et
  - 10 - un module onduleur (13) alimenté par le bus de puissance et commandé pour délivrer une tension alternative à une charge électrique (2),  
caractérisé en ce que :
    - le variateur (1) comprend un dispositif de protection (14) du variateur contre les surintensités liées à des variations de tension sur le réseau électrique d'alimentation (A),
    - 15 et en ce que le dispositif comporte :
      - un premier interrupteur électronique placé sur le bus de puissance en série entre le module redresseur (12) et le condensateur de bus (Cb),
      - une première résistance (R1) montée en parallèle du premier interrupteur électronique,
      - 20 - un ensemble comprenant un second interrupteur électronique (T2) et une seconde résistance (R2) montés en série, ledit ensemble étant monté en parallèle du premier interrupteur électronique et de la première résistance (R1),
      - 25 - des moyens de commande (140) du premier interrupteur électronique (T1) et du second interrupteur électronique (T2).
2. Variateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de protection (14) est monté sur la ligne positive (10) du bus de puissance.
3. Variateur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le premier interrupteur électronique est un transistor (T1) de type JFET.
- 30 4. Variateur selon la revendication 3, caractérisé en ce que le transistor JFET (T1) est réalisé en carbure de silicium.
5. Variateur selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que le transistor JFET (T1) est normalement fermé.

6. Variateur selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que les moyens de commande (140) du transistor JFET (T1) sont connectés entre la ligne positive (10) et la ligne négative (11) du bus de puissance.

5 7. Variateur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de commande (140) comprennent un circuit pompe de charge apte à appliquer une tension de commande au transistor JFET.

8. Variateur selon l'une des revendications 3 à 7, caractérisé en ce que le second interrupteur électronique est de type normalement ouvert.

10 9. Variateur selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens de commande du second interrupteur électronique comprennent un circuit pompe de charge apte à appliquer une tension de commande au second interrupteur électronique (T2).

15 10. Variateur selon l'une des revendications 3 à 9, caractérisé en ce que les moyens de commande (140) comportent des moyens de mémorisation mémorisant une valeur seuil (S2) pour la tension (V) mesurée aux bornes du transistor JFET (T1) au-dessus de laquelle le transistor JFET (T1) est commandé à l'ouverture par les moyens de commande (140).

20 11. Variateur selon la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens de mémorisation mémorisent une durée prédéterminée au bout de laquelle si la tension (V) mesurée aux bornes du transistor JFET (T1) reste supérieure à la valeur seuil (S2), le second interrupteur électronique (T2) est commandé à la fermeture.

25 12. Variateur selon l'une des revendications 3 à 11, caractérisé en ce que les moyens de commande (140) comportent des moyens de mémorisation mémorisant une valeur seuil (S1) pour la tension mesurée entre la ligne positive (10) et la ligne négative (11) du bus de puissance au-dessus de laquelle le second interrupteur électronique (T2) est commandé à la fermeture.

30 13. Variateur selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un dispositif pour protéger le module redresseur (12) contre les surtensions.

35 14. Variateur selon la revendication 13, caractérisé en ce que le dispositif pour protéger le module redresseur (12) contre les surtensions comporte un transistor de limitation (T3) de type JFET normalement fermé et une diode Zener (Z1) connectés tous deux en parallèle entre la ligne positive (10) et la ligne négative (11) du bus de puissance.

15. Variateur selon la revendication 13, caractérisé en ce que le dispositif pour protéger le module redresseur contre les surtensions comporte une varistance (M1) de type GMOV connectée entre la ligne positive (10) et la ligne négative (11) du bus de puissance.

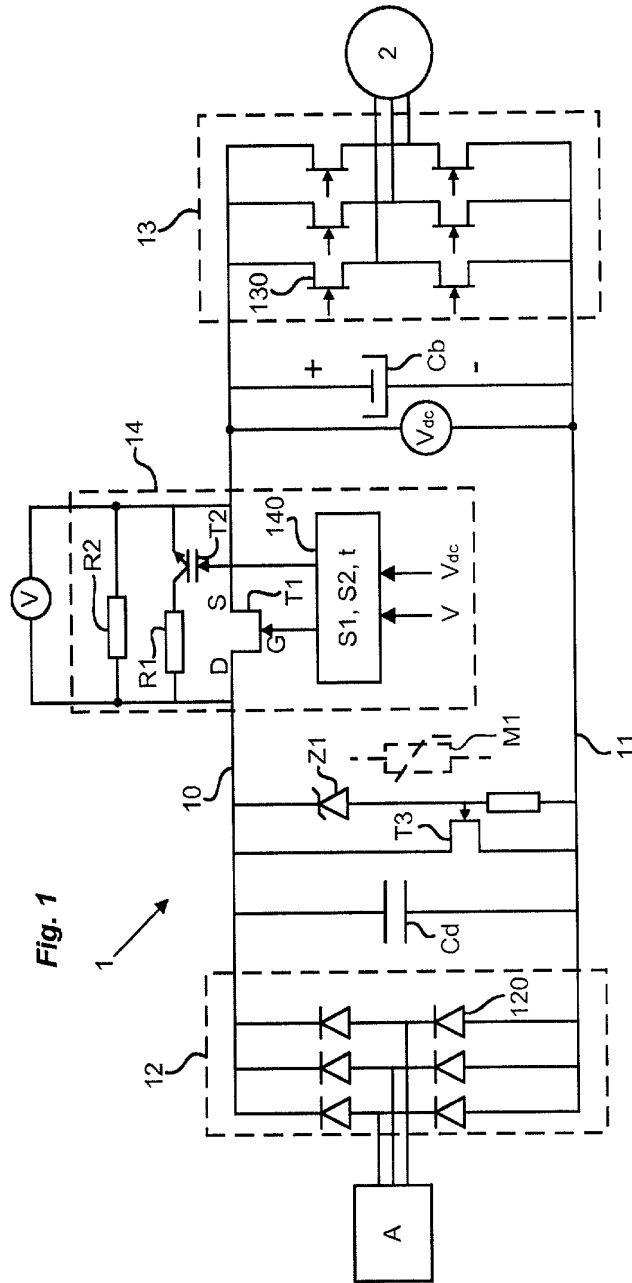


Fig. 1

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 703452  
FR 0851101

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 1 862 348 A (HITACHI LTD [JP]) 5 décembre 2007 (2007-12-05) * alinéas [0015] - [0020] * * figure 1 *	1-15	H02M1/32 H02M5/458
A	JP 63 268431 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 7 novembre 1988 (1988-11-07) * abrégé *	1	
A	FR 2 538 187 A (DANFOSS AS [DK]) 22 juin 1984 (1984-06-22) * abrégé * * figure 1 *	1	
A	US 2007/147099 A1 (TAI LIANG-PIN [TW] ET AL) 28 juin 2007 (2007-06-28) * alinéa [0015] * * figure 1 *	3-5	
A	US 2007/262806 A1 (THUMMALAPALLY DAMODAR R [US] ET AL) 15 novembre 2007 (2007-11-15) * alinéas [0032], [0033] * * figure 3 *	7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	EP 1 835 609 A (DAIKIN IND LTD [JP]) 19 septembre 2007 (2007-09-19) * alinéas [0017], [0018] * * figure 1 *	13,14	H02H H02M H02P
A	US 2004/246641 A1 (SUGIMOTO TOMOHIRO [JP] ET AL) 9 décembre 2004 (2004-12-09) * alinéas [0031], [0032], [0034] * * figure 1 *	13,14	
	----- -/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 novembre 2008		Roider, Anton	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		.....	
		& : membre de la même famille, document correspondant	



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 703452  
FR 0851101

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2006/238940 A1 (KOMULAINEN RISTO [FI] ET AL KOMULAINEN RISTO [FI] ET AL) 26 octobre 2006 (2006-10-26) * alinéas [0008], [0009] * * alinéas [0021], [0022] * * figure 1 * -----	15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 novembre 2008		Roider, Anton	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

1  
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0851101 FA 703452**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 17-11-2008

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1862348	A	05-12-2007	CN 101081601 A	05-12-2007
			JP 2007325388 A	13-12-2007
			US 2008007190 A1	10-01-2008
-----				
JP 63268431	A	07-11-1988	JP 2037232 C	28-03-1996
			JP 7067231 B	19-07-1995
-----				
FR 2538187	A	22-06-1984	CA 1207022 A1	01-07-1986
			CH 663122 A5	13-11-1987
			DE 3246706 A1	20-06-1984
			DK 569183 A	06-07-1984
			GB 2132828 A	11-07-1984
			IT 1160144 B	04-03-1987
			JP 1488817 C	23-03-1989
			JP 59122321 A	14-07-1984
			JP 63038934 B	02-08-1988
			NL 8304306 A	16-07-1984
			NO 834669 A	18-06-1984
			SE 8306967 A	18-06-1984
			US 4574341 A	04-03-1986
-----				
US 2007147099	A1	28-06-2007	AUCUN	
-----				
US 2007262806	A1	15-11-2007	WO 2008014380 A2	31-01-2008
-----				
EP 1835609	A	19-09-2007	CN 101073197 A	14-11-2007
			JP 2006166656 A	22-06-2006
			WO 2006061978 A1	15-06-2006
			US 2008211449 A1	04-09-2008
-----				
US 2004246641	A1	09-12-2004	CN 1551477 A	01-12-2004
			JP 2004350493 A	09-12-2004
-----				
US 2006238940	A1	26-10-2006	EP 1715567 A2	25-10-2006
-----				