

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 465 361**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 80 19679**

---

(54) Circuit d'alimentation contrôlé à courant continu à récupération.

(51) Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). H 02 P 13/24; H 02 M 7/757.

(22) Date de dépôt..... 11 septembre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *EUA, 12 septembre 1979, n° 075.306.*

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 12 du 20-3-1981.

---

(71) Déposant : Société dite : BORG-WARNER CORPORATION, société organisée selon les lois de l'Etat de Delaware, résidant aux EUA.

(72) Invention de : William Frederick Wirth.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Novapat-Cabinet Chereau,  
107, bd Pereire, 75017 Paris.

## 1.

La présente invention concerne une source d'alimentation contrôlée à courant continu, pouvant fonctionner en récupération, qui fournit, à partir d'un système de courant alternatif, une énergie en courant continu pour entraîner une charge, la source pouvant renvoyer au système de courant alternatif la puissance qui est générée dans la charge.

Dans un système d'alimentation en courant continu de l'art antérieur pouvant fonctionner en récupération, un pont contrôlé en phase comportant des thyristors au silicium redresse la tension alternative appliquée par un système d'alimentation en courant alternatif (soit monophasé, soit triphasé) pour produire une tension continue destinée à alimenter une charge. Six thyristors au silicium à passage direct sont nécessaires dans le cas d'un système triphasé, et quatre dans le cas d'un système monophasé. Normalement, une énergie contrôlée doit être fournie à la charge et cela est exécuté par régulation des angles de conduction des thyristors pendant chaque demi-cycle de la tension alternative appliquée. Chaque thyristor peut être conducteur, lors de chaque demi-cycle de sens positif de la tension appliquée par le système d'alimentation en courant alternatif, lorsque l'anode des thyristors est positive par rapport à leur cathode. Cependant, la conduction ne se produira pas pendant un demi-cycle positif tant que le courant de gâchette n'est pas

## 2.

fourni à celle-ci. A ce moment-là, les thyristors deviennent conducteurs, ce qui permet la circulation du courant de charge jusqu'à la fin du demi-cycle positif. Plus l'angle de phase ou le retard entre le début d'un demi-cycle positif et la venue en conduction des thyristors est grand, plus l'angle de conduction et le courant alternatif qui sera redressé et fourni à la charge sont petits, ce qui a pour effet de produire une tension continue à la sortie du pont redresseur de valeur plus faible.

Pour obtenir une récupération d'énergie à la charge et la renvoyer au système d'alimentation en courant alternatif, chaque thyristor au silicium à passage direct est shunté par un thyristor au silicium à passage inverse de polarité opposée correspondant, ce qui nécessite douze thyristors au total dans le cas d'un système triphasé et huit dans le cas d'un système monophasé. Le renvoi de la puissance entre la charge et le système d'alimentation en courant alternatif est souhaitable dans de nombreuses applications où la charge doit être variable. Par exemple, lorsque le pont redresseur alimente un onduleur qui à son tour produit une tension alternative pour l'alimentation d'un moteur à induction, et la commande de sa vitesse, celle-ci est améliorée lorsqu'il est possible de renvoyer l'énergie, produite dans la charge, dans le système d'alimentation en courant alternatif. A titre explicatif, lorsque le moteur tourne à une vitesse constante ou que sa vitesse croît, la charge impose normalement qu'il y ait circulation d'énergie entre le système d'alimentation en courant alternatif et l'onduleur et le moteur. D'autre part, lorsque la charge chute et qu'il est nécessaire de diminuer la vitesse du moteur dans un temps relativement court, une telle réduction rapide de la vitesse ne peut être effectuée à moins d'inverser le sens de circulation de l'énergie. Cela est nécessaire étant donné que le moteur fonctionne en génératrice, produisant une force contre-électromotrice. L'énergie doit être prélevée au moteur de façon à obtenir une réduction rapide de la vitesse. Dans le système d'alimentation en courant continu, avec régénération d'énergie, de l'art

## 3.

antérieur, décrit précédemment, lorsqu'on souhaite inverser la circulation d'énergie, les thyristors au silicium à passage direct sont rendus non conducteurs et leurs angles de conduction des thyristors à passage inverse sont contrôlés.

5 Malheureusement, un thyristor au silicium à passage direct, et un thyristor au silicium à passage inverse de polarité similaire connectés en série se trouveront toujours placés entre les deux lignes d'alimentation dans un système monophasé et toujours entre chaque paire de lignes  
10 dans un système triphasé. En conséquence, lorsqu'il se produit un défaut, et que ces deux thyristors au silicium se trouvent tous deux à l'état conducteur en même temps, et lorsque leurs anodes sont positives par rapport à leurs cathodes, un court-circuit ligne à ligne sera produit, et  
15 un courant de défaut d'amplitude très élevée circulera depuis le circuit d'alimentation et jusque dans les thyristors. Naturellement, dans les conditions normales, un thyristor au silicium à passage direct et un thyristor au silicium à passage inverse ne sont jamais conducteurs en même temps.  
20 Cependant, un thyristor au silicium peut être amené à être conducteur par inadvertance. Par exemple, il peut se trouver déclenché par un bruit. Etant donné que les thyristors au silicium à passage direct et à passage inverse peuvent établir des courts-circuits ligne à ligne indésirables, ils  
25 doivent être capables de supporter le courant de défaut très élevé résultant sans être définitivement endommagés. Les thyristors au silicium doivent donc être dimensionnés en conséquence.

Le système d'alimentation contrôlé à courant continu à récupération de la présente invention constitue un perfectionnement important par rapport aux systèmes mis au point  
30 dans le passé, en particulier par rapport à l'agencement de l'art antérieur décrit précédemment dans le présent brevet, en ce sens qu'il est beaucoup plus simple et d'une construction moins coûteuse et nécessite moins de composants. En  
35 outre, les courants de défaut ont une amplitude beaucoup plus faible, ce qui permet d'éviter un surdimensionnement des élé-

## 4.

ments de circuit, contrairement à ce qui était le cas de l'agencement de l'art antérieur.

Le circuit d'alimentation contrôlé à courant continu, à récupération, de la présente invention, transforme une  
5 énergie alternative, provenant d'un système d'alimentation en courant alternatif, en énergie continue fournie à une charge, où à certains instants la puissance émise dans la charge circule dans le sens inverse, à partir de la charge pour traverser le circuit d'alimentation en courant continu et revenir au  
10 circuit d'alimentation en courant alternatif. Le circuit d'alimentation en courant continu comprend un pont redresseur, contrôlé par phase, comportant des bornes de sortie positive et négative, pour la transformation de l'énergie alternative provenant du circuit d'alimentation en courant alternatif en  
15 énergie continue transmise à la charge. Un circuit de filtrage, qui comprend une bobine de filtrage connectée en série et un condensateur de filtrage connecté en parallèle, est couplé entre le pont et la charge pour fournir une tension continue filtrée à la charge. Un réseau de commutation interposé dans  
20 le circuit de filtrage entre la bobine et le condensateur, est prévu pour effectuer une inversion des connexions entre le condensateur et les bornes de sortie du pont de façon à faciliter la récupération de puissance provenant de la charge et son retour dans le circuit d'alimentation en courant alternatif. Un moyen de commande est inclus pour la commande du  
25 réseau de commutation et la régulation de la transmission d'énergie à récupérer entre la charge et le circuit d'alimentation en courant alternatif.

La présente invention sera bien comprise à la lecture de la description suivante faite en relation avec le dessin ci-joint qui représente un schéma sous forme de blocs d'un circuit d'alimentation en courant continu d'un moteur à induction entraîné par un onduleur, selon la présente invention.

35 Des conducteurs de ligne  $L_1$ ,  $L_2$  et  $L_3$  sont connectés à un système d'alimentation en courant alternatif triphasé classique et fournissent par conséquent une tension alter-

5.

native triphasée, c'est-à-dire trois tensions alternatives qui sont déphasées les unes par rapport aux autres de 120 degrés et ont une fréquence de 60 hertz. Chacune des tensions triphasées est une tension entre lignes et apparaît entre

5 l'un des conducteurs  $L_1$ ,  $L_2$  et  $L_3$  et l'un des deux autres conducteurs. L'amplitude de chaque tension peut prendre toute valeur appropriée en fonction des caractéristiques de la charge à alimenter. L'énergie alternative transmise par les conducteurs de ligne est transformée en énergie continue

10 par un pont redresseur 10 comportant des thyristors au silicium de construction bien connue. Spécifiquement, le pont comporte un groupe de six thyristors au silicium 11-16 qui, lorsqu'ils sont amenés à l'état conducteur, redressent la tension alternative appliquée et donnent aux bornes de sor-

15 tie positive et négative du pont (représentées respectivement en 18 et 19) une tension redressée ayant une amplitude déterminée par les angles de conduction des thyristors. Naturellement, cette tension redressée aura une polarité positive à la borne 18 par rapport à la borne 19. Comme il apparaîtra,

20 les thyristors 11-16 régulent la puissance appliquée à la charge au moment où celle-ci est nécessaire. Par conséquent, ils peuvent être appelés de manière appropriée "thyristors au silicium à passage direct".

Une bobine de filtrage 21, une diode 22 en série

25 avec une ligne positive 23 couplent la borne de sortie positive 18 à la charge (c'est-à-dire à une entrée d'un onduleur 24), alors qu'une diode 25 en série avec une ligne négative 27 couplent la borne de sortie négative 19 à la charge, c'est-à-dire à l'autre entrée de l'onduleur. Un condensateur de filtrage 29 est connecté entre les lignes 23 et 27

30 et est par conséquent en parallèle avec la charge. Les lignes 23 et 27 constituent donc une barre à courant continu pour la transmission d'une tension continue à partir du pont 10 et du circuit de filtrage 21-29 à l'onduleur 24. Les diodes 22 et 25 sont polarisées de façon à permettre une circulation normale de courant lorsque la puissance est four-

35 nie à l'onduleur 24. Le courant circulera également à partir

## 6.

de la borne 18 et traversera la bobine 21, la diode 22, le condensateur 29 et la diode 25 jusqu'à la borne 19, produisant aux bornes du condensateur 29 une tension redressée filtrée (c'est-à-dire une composante d'ondulation de faible  
5 valeur) d'une amplitude directement proportionnelle à l'amplitude de la tension redressée aux bornes 18 et 19. Ainsi, la tension continue appliquée par la barre à courant continu (lignes 23 et 27) à l'onduleur 24 dépendra des angles de conduction des thyristors au silicium à passage direct  
10 11-16.

L'onduleur 24 répond à la tension continue de la barre et produit une tension alternative ayant une amplitude directement proportionnelle à l'amplitude de la tension en courant continu. La fréquence de la tension de sortie de  
15 l'onduleur est établie par la fréquence de répétition des impulsions de rythme ou de déclenchement provenant d'un oscillateur 31 contrôlé par tension, qui fonctionne à son tour en réponse à la tension continue présente entre les lignes 23 et 27. La fréquence de l'oscillateur est déterminée par  
20 la tension continue de la barre et varie directement en fonction de celle-ci, ce qui a pour effet de maintenir sensiblement constant le rapport entre amplitude et fréquence de la tension alternative produite par l'onduleur 24. La sortie de l'onduleur est appliquée à un moteur alternatif à induction 32 et en provoque la rotation à une vitesse qui est dé-  
25 terminée par la fréquence de l'onduleur et est directement proportionnelle à celle-ci. Bien que cela ne soit pas représenté, l'arbre du moteur 32 entraîne une charge mécanique. En maintenant un rapport fixe entre l'amplitude de la tension  
30 de sortie de l'onduleur et sa fréquence, le moteur 32 aura un couple de sortie constant quelle que soit sa vitesse.

Pour régler la vitesse du moteur, le fonctionnement des thyristors 11-16 peut être automatiquement commandé d'une manière bien connue par un circuit de commande 35 et  
35 un circuit excitateur de gâchette 36 dans le but d'établir la tension continue de la barre, produite aux bornes du condensateur de filtrage 29, à un niveau d'amplitude souhaité

## 7.

pour réguler le débit du courant et par conséquent la puissance transmise à l'onduleur 24 et au moteur 32. A titre d'explication, la tension continue de la barre, qui est appliquée à l'onduleur 24 et détermine la vitesse du moteur, est également appliquée au circuit de commande 35 qui compare cette tension à une tension continue de référence transmise par une ligne 34 qui est connectée à la jonction entre une résistance fixe 37 et une résistance réglable 38 appelée résistance de réglage de vitesse. A l'issue de la comparaison, un signal d'erreur est produit (sur des lignes 39), qui varie en fonction de la différence entre l'amplitude désirée en courant continu (représentée par la tension de référence du diviseur de tension (37,38) et l'amplitude réelle de la tension continue de la barre qui est appliquée à l'onduleur. D'une façon bien connue, le circuit d'excitation de gâchette 36 répond à ce signal d'erreur pour produire des impulsions de courant rythmées correctement qui sont appliquées aux gâchettes des thyristors au silicium (11, 16) de façon à commander les angles de conduction et établir la tension continue de la barre à l'amplitude nécessaire au fonctionnement du moteur 32 à une vitesse déterminée par la valeur de la résistance variable 38. Si l'amplitude en courant continu a tendance à décroître à partir du niveau requis c'est-à-dire a tendance à faire baisser la vitesse du moteur), le signal d'erreur change et amène le circuit 36 à provoquer l'augmentation des angles de conduction, ce qui a pour effet d'augmenter la tension continue entre les lignes 23 et 27 jusqu'à rétablissement du niveau correct d'amplitude. Si l'on suppose que l'on veut obtenir une vitesse plus élevée du moteur, la résistance de réglage de vitesse 38 sera réglée de façon que le signal d'erreur amène le circuit 36 à augmenter les angles de conduction des thyristors 11 à 16 d'une valeur suffisante pour que la tension continue entre lignes 23 et 27 atteigne le niveau nécessaire à la commande du moteur 32 à la vitesse désirée.

Naturellement, lorsque la vitesse du moteur peut être modifiée par réglage manuel de la résistance 38, la ten-



## 8.

sion de référence appliquée au circuit de commande 35 par la ligne 34 peut être obtenue par détection d'un certain paramètre ou d'une caractéristique du système, dans lequel le circuit d'alimentation contrôlé en courant continu, à récupération, est incorporé, dans le but de commander automatiquement la vitesse du moteur en réponse à l'information détectée.

On notera également que le circuit d'alimentation en courant continu peut fonctionner en réponse à une alimentation monophasée au lieu d'une alimentation triphasée. Dans un système monophasé, le conducteur de ligne  $L_3$  et les thyristors au silicium à passage direct 13 et 16 seraient supprimés. Une tension redressée de polarité positive serait encore présente entre les bornes 18 et 19.

S'agissant maintenant de la présente invention, une commande relativement rapide de la charge (c'est-à-dire de la vitesse du moteur dans le mode de réalisation représenté) nécessite que l'alimentation en courant continu soit effectivement bi-directionnelle vis-à-vis de la circulation d'énergie, permettant à l'énergie qui est produite dans la charge d'être ramenée dans le système d'alimentation en courant alternatif ainsi que la circulation normale d'énergie vers la charge. Une circulation d'énergie dans le sens inverse est particulièrement nécessaire lorsque l'information transmise au circuit de commande 35 concerne une réduction rapide de la vitesse. Dans ces conditions, le pont 10, sous la commande du circuit d'excitation 36 commence à réduire la tension continue présente aux bornes 18 et 19. Cependant, à ce moment-là, le moteur 32 fonctionnera en génératrice et cela retardera la réduction de la vitesse du moteur à moins que la puissance produite dans la charge puisse revenir vers le circuit d'alimentation en courant alternatif.

La circulation d'énergie dans le sens inverse est facilitée dans le mode de réalisation représenté par l'interposition d'un réseau de commutation (thyristors au silicium à passage inverse 41 et 42 et diodes 22 et 25) dans le circuit de filtrage entre la bobine de filtrage 21 et le conden-

## 9.

sateur de filtrage 29. En effet, le thyristor 41 sert de commutateur à semi-conducteur pour le couplage de la ligne positive 23 à la ligne négative 27, et le thyristor 42 agit en commutateur à semi-conducteur pour le couplage de la ligne 27 à la ligne 23. Lorsque les thyristors 41 et 42 sont rendus conducteurs, les connexions entre le condensateur 29 et les bornes de sortie 18 et 19 du pont 10 sont effectivement inversées, la ligne positive 23 étant connectée à la borne négative 19 et la ligne négative 27 à la borne positive 18. En d'autres termes, les connexions entre la barre à courant continu et le pont 10 seront inversées. Si les thyristors 41 et 42 sont amenés à l'état conducteur lorsqu'on souhaite diminuer la vitesse du moteur, la tension continue aux bornes 18 et 19 sera inférieure à la tension aux bornes du condensateur 29 (c'est-à-dire aux bornes de la barre à courant continu) et le courant circulera depuis la charge dans la ligne positive 23, le thyristor 42, au moins l'un des thyristors 14-16 pour revenir dans le système d'alimentation. Le chemin de retour du courant comprendra au moins l'un des thyristors 11-13, la bobine 21, le thyristor 41 et la ligne négative 27. A tout instant où la tension de sortie du pont 10 est inférieure à la tension de la barre à courant continu, présente aux bornes du condensateur 29, et où les thyristors 41 et 42 sont à l'état conducteur, la puissance sera transmise de la charge au système d'alimentation en courant alternatif triphasé, de façon à équilibrer rapidement la tension de la barre à courant continu et la tension du pont. Ainsi, la tension de sortie du pont diminuant, la tension de la barre à courant continu diminue également.

La commande des thyristors à passage inverse 41 et 42, et par conséquent la commande du réseau de commutation, est obtenue par un circuit de commande bien connu de l'homme de l'art. Le même système de commande que le système utilisé dans le circuit d'alimentation en courant continu, à récupération, décrit précédemment, peut être utilisé pour réguler le fonctionnement des thyristors 41 et 42. Celui-ci est représenté dans la figure par le circuit de commande 35 et le cir-

10.

cuit d'excitation de gâchette 44. D'une manière bien connue, le circuit de commande 35 compare la tension réelle de la barre à courant continu à la tension continue souhaitée (représentée par la tension continue de référence de la ligne 34), et détermine si l'énergie doit être dirigée du circuit d'alimentation vers la charge ou vice-versa. Dans les conditions normales où l'énergie doit être appliquée à la charge, le circuit d'excitation de gâchette 44 est effectivement coupé (les thyristors 41 et 42 restant par conséquent à l'état non conducteur), alors que le circuit d'excitation de gâchette 36 sera commandé de façon à fournir un courant de gâchette aux thyristors 11-16 de la manière décrite précédemment. D'autre part, si le circuit de commande 35 détermine que la tension continue de la barre est supérieure à ce qu'elle devrait être, et que l'énergie doit être dirigée de la charge vers le circuit d'alimentation en courant alternatif de façon à diminuer la tension de la barre, le circuit d'excitation de gâchette 44 est commandé par les lignes 43, pour qu'il fournisse des impulsions de courant rythmées convenablement aux gâchettes des thyristors 41 et 42, les rendant conducteurs pour qu'il y ait un transfert contrôlé d'énergie entre la charge et le circuit d'alimentation. Le circuit 36, sous la commande du circuit 35, rendra conducteurs les thyristors 11 à 16 au moment correct de façon à permettre le transfert d'énergie dans le sens inverse à travers le redresseur 10.

On remarquera donc que la possibilité de transfert de puissance en sens inverse est obtenue au moyen de seulement deux diodes (22 et 25) et de deux thyristors au silicium (41 et 42) et du circuit de déclenchement des thyristors. Au contraire, dans l'agencement de l'art antérieur décrit ci-dessus, lorsqu'on a affaire à un système triphasé, il faut faire appel à six thyristors au silicium à passage direct et à leur circuit de commande de gâchette. Naturellement, l'agencement de la présente invention a une construction beaucoup plus simple et un coût bien inférieur à celui de l'art antérieur.

11.

Des économies supplémentaires de coût peuvent être obtenues étant donné que les thyristors au silicium n'ont pas besoin d'être surdimensionnés, comme cela est le cas du système de l'art antérieur, de façon à permettre le passage d'un courant de défaut de valeur élevée. Dans le cas où un thyristor au silicium à passage inverse se trouve déclenché par inadvertance (par exemple par un bruit) lorsqu'une paire particulière de thyristors au silicium à passage direct se trouvent à l'état conducteur, un court-circuit entre lignes ne se produira pas (comme cela est le cas de l'agencement de l'art antérieur), et tout courant de défaut résultant aura une amplitude sensiblement plus petite. Cet avantage est obtenu en plaçant le réseau de commutation (diodes 22 et 25) et thyristors 41 et 42 entre la bobine de filtrage 21 et le condensateur de filtrage 29, ce qui oblige les courants de défaut à traverser la bobine de filtrage. A titre explicatif, supposons, par exemple, que les thyristors 11, 15 et 41 sont tous conducteurs pendant un demi-cycle au moment où la tension instantanée de conducteur  $L_1$  est positive par rapport à la tension instantanée du conducteur  $L_2$ . Un courant de défaut circulera à ce moment là entre le conducteur  $L_1$  et le conducteur  $L_2$  en passant par le thyristor 11, la bobine de filtrage 21, le thyristor 41, la diode 25 et le thyristor 15. Cependant, étant donné que le courant de défaut traverse la bobine 21, laquelle a une impédance importante, son amplitude sera sensiblement réduite. Etant donné que tous les composants du circuit n'ont à supporter que des courants de défaut d'amplitude relativement faible, ils peuvent être dimensionnés en conséquence.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de variantes et de modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art.

12.

REVENDICATIONS

1 - Circuit d'alimentation contrôlé à courant continu, à récupération, pour transformer une énergie en courant alternatif, provenant d'un circuit d'alimentation en courant alternatif en énergie en courant continu destinée à être  
5 fournie à une charge, où à certains moments l'énergie circule dans le sens inverse, à partir de la charge en passant par le circuit d'alimentation en courant continu pour revenir au circuit d'alimentation en courant alternatif, caractérisé  
10 en ce qu'il comprend :

- un pont redresseur contrôlé en phase (10), comportant des bornes de sortie positive et négative (18, 19), pour transformer l'énergie en courant alternatif provenant du circuit d'alimentation en courant alternatif en énergie en  
15 courant continu pour transmission à la charge (24, 32);

- un circuit de filtrage, comprenant une bobine de filtrage (21) connectée en série et un condensateur de filtrage (29) connecté en parallèle, couplés entre le pont et la charge pour fournir une tension continue filtrée à la charge;

20 - un réseau de commutation (22, 25, 41, 42) interposé dans le circuit de filtrage entre la bobine et le conducteur, pour inverser effectivement les connexions entre le condensateur et les bornes de sortie du pont afin de faciliter la récupération d'énergie de la charge et son retour au  
25 circuit d'alimentation en courant alternatif;

- et des moyens de commande (35, 44) pour commander le réseau de commutation et réguler le retour de l'énergie entre la charge et le circuit d'alimentation en courant alternatif.

30 2 - Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une ligne positive (23) couple la borne de sortie positive (18) à la charge (24, 32); une ligne négative (27) couple la borne de sortie négative (19) à la charge; la bobine de filtrage (21) et une première diode (22) sont  
35 connectées en série avec la ligne positive et une seconde diode (25) est connectée en série avec la ligne négative, les première et seconde diodes étant polarisées pour être

13.

conductrices lorsque l'énergie circule vers la charge; le condensateur de filtrage (29) est connecté entre les lignes positive et négative ; le réseau de commutation comprend un premier commutateur à semi-conducteur (42) pour le couplage en croix de la ligne positive à la ligne négative et un  
5 second commutateur à semi-conducteur (41) pour le couplage en croix de la ligne négative à la ligne positive; et le moyen de commande rend conducteurs les commutateurs à semi-conducteur pour la connexion de la ligne positive à la borne  
10 de sortie négative du pont et de la ligne négative à la borne de sortie positive du pont, ce qui permet la circulation d'énergie de la charge au circuit d'alimentation en courant alternatif.

3 - Circuit d'alimentation selon la revendication  
15 2, caractérisé en ce que le commutateur à semi-conducteur (41) est un premier thyristor au silicium dont l'anode est connectée à l'anode de la première diode (22) et dont la cathode est connectée à l'anode de la seconde diode (25); le second commutateur à semi-conducteur (42) est un second  
20 thyristor au silicium dont l'anode est connectée à la cathode de la première diode (22) et la cathode est connectée à la cathode de la seconde diode (25); et le moyen de commande commande les angles de conduction des premier et second thyristors au silicium.

25 4 - Circuit d'alimentation selon la revendication 1, caractérisé en ce que la charge comprend un onduleur (24) et un moteur alternatif à induction (32) qui est entraîné par l'onduleur.

5 - Circuit d'alimentation selon la revendication 1,  
30 caractérisé en ce que le circuit d'alimentation en courant alternatif est un circuit triphasé.

6 - Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit d'alimentation en courant alternatif est un circuit monophasé.

35 7 - Circuit d'alimentation contrôlé à courant continu, à récupération, pour transformer une énergie alternative, provenant d'un circuit d'alimentation en courant alter-

## 14.

natif, en énergie continue à fournir à une charge, où à certains moments l'énergie produite dans la charge circule dans le sens inverse, à partir de la charge vers le circuit d'alimentation en courant alternatif après avoir traversé le circuit d'alimentation en courant continu, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un pont redresseur contrôlé en phase (10) comportant une pluralité de thyristors au silicium à passage direct (11-16) pour redresser une tension alternative appliquée provenant du circuit d'alimentation en courant alternatif, et développer aux bornes de sortie positive et négative du pont (18, 19) une tension redressée ayant une amplitude déterminée par les angles de conduction des thyristors au silicium à passage direct;

- un trajet de conduction connecté entre la borne de sortie positive (18) et la borne de sortie négative (19) et comprenant, en série et dans l'ordre ci-après, une bobine de filtrage (21), une première diode (22), un condensateur de filtrage (29) et une seconde diode (25), les diodes ayant des polarités qui permettent le passage de courant dans le trajet de conduction allant de la borne de sortie positive à la borne de sortie négative;

- des moyens comprenant une barre à courant continu (23-27), pour le couplage de la charge (24, 32) en dérivation aux bornes du condensateur de filtrage (29);

- des moyens (35, 36) pour commander les angles de conduction des thyristors au silicium à passage direct afin de commander le débit de courant dans le trajet de conduction, ce qui a pour effet de développer une tension continue filtrée ayant l'amplitude désirée aux bornes du condensateur de filtrage, et de commander le débit de courant vers la charge à partir du circuit d'alimentation en courant alternatif, régulant l'énergie appliquée à la charge;

- un premier thyristor au silicium à passage inverse (41) dont l'anode est connectée à la jonction de la bobine de filtrage (21) et de la première diode (22) et dont

15.

la cathode est connectée à la jonction du condensateur de filtrage (29) et de la seconde diode (25);

5       - un second thyristor au silicium à passage inverse (42) dont l'anode est connectée à la jonction de la première diode (22) et du condensateur de filtrage (29) et dont la cathode est connectée à la borne de sortie négative (19) du pont;

10       - et des moyens de commande (35, 44) pour commander les angles de conduction des premier et second thyristors au silicium à passage inverse afin d'inverser effectivement les connexions du condensateur de filtrage aux bornes de sortie positive et négative, ce qui a pour effet de faciliter la circulation de courant, et d'énergie, depuis la charge jusqu'au circuit d'alimentation en courant alternatif.



PL. UNIQUE

