

①② **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ **DISPOSITIF CONVERTISSEUR DE TENSION.**

②② **Date de dépôt :** 28.01.16.

③③ **Priorité :**

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux
apparentés :**

☐ **Demande(s) d'extension :**

⑦① **Demandeur(s) :** *THALES Société anonyme* — FR.

④③ **Date de mise à la disposition du public
de la demande :** 04.08.17 Bulletin 17/31.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention :** 12.07.19 Bulletin 19/28.

⑦② **Inventeur(s) :** LE BARS DAVID, FONTENEAU
FREDDY et STEPHAN HERVE.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :**

⑦③ **Titulaire(s) :** *THALES Société anonyme.*

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦④ **Mandataire(s) :** *CABINET LAVOIX Société par
actions simplifiée.*

FR 3 047 366 - B1



Dispositif convertisseur de tension

La présente invention concerne un dispositif convertisseur de tension apte à convertir une tension continue d'entrée en une tension continue de sortie différente de la tension continue d'entrée.

5 L'invention se situe dans le domaine technique des convertisseurs de tension continue, communément appelés convertisseurs DC/DC isolés à transfert direct et à induction symétrique.

De manière connue, les convertisseurs DC/DC isolés à transfert direct et à induction symétrique comportent un transformateur branché en sortie d'un pont de puissance, le transformateur fournissant en sortie un courant de sortie et une tension de
10 sortie.

La tension de sortie est régulée via une consigne de courant moyen de sortie, à partir de laquelle un signal de commande est fourni en entrée du pont de puissance. Pour un fonctionnement approprié, il est nécessaire d'obtenir une valeur représentative,
15 également appelée image, du courant moyen en sortie du convertisseur DC/DC.

Pour des raisons pratiques, dans le cadre de nombreuses applications, il est utile d'estimer le courant moyen à partir du courant au primaire du transformateur. Il existe des dispositifs convertisseurs DC/DC classiques dans lesquels la consigne de courant moyen est fonction du courant moyen mesuré au primaire du transformateur.

20 Le courant au primaire du transformateur est alternatif et présente des phases où il est nul. Afin de mesurer la moyenne du courant instantané alternatif au primaire du transformateur on utilise un pont redresseur classique, appelé également pont de diodes, qui a pour fonction de redresser la partie négative du courant alternatif. Un filtre est ensuite appliqué pour estimer la valeur moyenne du courant redressé.

25 Cependant, dans le cas d'un fonctionnement à faible charge, un tel montage classique ne permet pas de restituer une image fidèle du courant moyen de sortie, notamment dans le cas où le courant moyen de sortie a une moyenne nulle, alors que le courant instantané au primaire du transformateur redressé ne fournit plus une moyenne nulle. La consigne de courant moyen de sortie est alors erronée, par conséquent le
30 dispositif convertisseur devient instable et son fonctionnement est compromis.

Un problème similaire peut également se poser dans un montage utilisant la valeur de crête du courant, évaluée au primaire du transformateur.

Une solution connue pour résoudre ce problème consiste à utiliser le courant au secondaire du transformateur pour estimer le courant moyen.

35 Cependant, une telle solution n'est pas satisfaisante, car l'utilisation du courant au secondaire ne permet pas la protection du transformateur en cas de surintensité au

primaire, alors que l'estimation du courant moyen au primaire du transformateur permet également de prévenir un excès de courant et d'éviter la saturation du transformateur dans un tel cas.

Il est donc utile d'estimer le courant moyen au primaire du transformateur, et il est nécessaire de réaliser une estimation fiable du courant moyen de sortie du convertisseur DC/DC, dans tous les cas de fonctionnement, y compris à faible charge.

A cet effet, l'invention propose un dispositif convertisseur de tension apte à convertir une tension continue d'entrée en une tension continue de sortie différente de la tension continue d'entrée, comportant un pont de puissance branché en entrée, un transformateur branché en sortie du pont de puissance, et un bloc de commande et de régulation, permettant de réguler la tension continue de sortie via des signaux de commande en entrée du pont de puissance d'entrée. Conformément à l'invention, le bloc de commande et de régulation comporte un système de lecture permettant d'obtenir une valeur représentative de l'intensité de courant au primaire du transformateur, ledit système de lecture comportant un pont à commutateurs synchronisé avec le pont de puissance d'entrée.

Avantageusement, l'utilisation d'un pont à commutateurs synchronisé au pont de puissance d'entrée, permet d'inverser le sens du courant et par conséquent de réaliser une lecture complète du courant instantané au primaire du transformateur, et donc d'estimer une valeur moyenne fidèle à partir du courant au primaire du transformateur.

Le dispositif convertisseur de tension selon l'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous :

- le pont de puissance d'entrée et le pont à commutateurs du système de lecture comportent chacun quatre commutateurs branchés selon une topologie donnée, les commutateurs de même position selon ladite topologie dans chacun desdits ponts étant commandés par un même signal de commande de manière à être soit simultanément ouverts, soit simultanément fermés ;

- ladite topologie est une topologie dite en H ;

- le système de lecture comprend en outre une résistance branchée en parallèle du pont à commutateurs permettant une mesure du courant au primaire du transformateur ;

- le bloc de commande et de régulation comprend en outre un filtre pour estimer une valeur moyenne de courant au primaire du transformateur ;

- le dispositif convertisseur de tension comporte en outre un générateur de signaux de commande en fonction d'une consigne de tension de sortie, de la valeur de tension et de la valeur moyenne de courant au primaire du transformateur estimée ;

- le générateur est apte à générer un premier signal de commande ayant un premier état adapté à ouvrir un premier sous-ensemble de commutateurs, et un deuxième état adapté à fermer le premier sous-ensemble de commutateurs, et un deuxième signal de commande ayant un premier état adapté à ouvrir un deuxième sous-ensemble de commutateurs, et un deuxième état adapté à fermer le deuxième sous-ensemble de commutateurs ;

- ledit pont à commutateurs du système de lecture est formé d'une pluralité de transistors à effet de champ ;

- lesdits transistors à effet de champ sont de type MOSFET.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

- la figure 1 représente un dispositif convertisseur DC/DC selon l'état de la technique, ainsi que des exemples de graphiques de courants associés;

- la figure 2 représente un dispositif convertisseur DC/DC selon un mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 3 représente un exemple de graphiques de courants associés au mode de réalisation de la figure 2.

La figure 1 illustre un dispositif convertisseur de tension DC/DC isolé à induction symétrique, appelé simplement convertisseur par la suite, selon l'état de la technique, ainsi que des exemples de graphiques de courant associés.

Le convertisseur 1 comporte un bloc de puissance 2, un système de lecture de courant 4 faisant partie d'un bloc de commande et de régulation 6.

Le bloc de puissance 2 a deux entrées, avec une tension d'entrée continue V_{in} entre un premier point d'entrée et la masse.

Un pont de puissance 8 à commutateurs, commandé par des signaux de commande Q, Q', a pour fonction de transformer la tension continue d'entrée en tension alternative pour alimenter un transformateur 10, composé de deux bobines, une première bobine 10a, appelée classiquement primaire du transformateur, et une bobine secondaire 10b, appelée classiquement secondaire du transformateur.

Dans un mode de réalisation, les commutateurs 8a, 8b, 8c, 8d sont des transistors, par exemple des transistors à effet de champ de type MOSFET pour « Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor ».

5 Chaque sortie du secondaire 10b du transformateur est branchée à la masse via un interrupteur 12, 14.

En un point milieu de la bobine secondaire 10b, est branchée une inductance 16 en sortie de laquelle on obtient un courant alternatif I_L . Une capacité 18 est branchée entre la sortie de l'inductance 16 et la masse.

10 On obtient en sortie du bloc de puissance 2 une tension continue de sortie V_s et un courant de sortie I_{Out} .

En outre, le dispositif convertisseur 1 comporte un système de lecture de courant 4 branché pour lire le courant au niveau du primaire 10a du transformateur 10.

15 Le système de lecture 4 comporte un pont de diodes 20, chaque diode permettant une circulation unidirectionnelle du courant à l'état fermé, branché au primaire 10a du transformateur 10, et permettant d'obtenir un redressement du courant, et une résistance de mesure 22. Une tension notée V_{sense} redressée est obtenue.

La valeur moyenne du courant au primaire du transformateur est obtenue par un filtre 24 faisant partie du bloc de commande et de régulation 6.

20 Le bloc 6 met en œuvre une boucle de régulation permettant de générer deux signaux de commande Q, Q' à appliquer en entrée du bloc de puissance 2 en fonction d'une consigne de tension de sortie V_{cs} , de la valeur de tension V_s et du courant moyen estimé.

25 Le bloc 6 met en œuvre un module correcteur 26 permettant de générer une consigne de courant moyen en fonction de la consigne de tension de sortie V_{cs} et de la valeur de tension V_s mesurée.

De manière connue, le module correcteur 26 contient des éléments utiles pour générer une commande asservie, par exemple un régulateur proportionnel intégrateur dérivateur ou PID.

30 La consigne de courant moyen est combinée avec la valeur de courant moyen estimée par le filtre 24, en fonction du courant au primaire du transformateur redressé par le pont redresseur 20.

Un correcteur 28 fournit une valeur moyenne de courant à appliquer en entrée d'un générateur PWM (pour « Pulse Width Modulation ») 30, qui génère les signaux électriques de commande Q, Q' du pont de puissance 8.

35 Le pont de puissance 8 est composé de quatre commutateurs 8a, 8b, 8c, 8d.

Dans une première phase de commande, les commutateurs 8a, 8d sont fermés et les commutateurs 8b, 8c sont ouverts, et dans une deuxième phase de commande, les commutateurs 8a, 8d sont ouverts et les commutateurs 8b, 8c sont fermés, permettant de changer le signe de la tension aux bornes du primaire du transformateur 10 à chaque phase de commande.

Les phases de commande sont fonction des signaux de commande Q, Q' appliqué, le signal de commande Q commandant les commutateurs 8a, 8d et le signal de commande Q' commandant les commutateurs 8b, 8c.

Le dispositif de la figure 1 permet d'obtenir une valeur moyenne du courant fidèle de la valeur réelle tant que le courant I_L de sortie de l'inductance 16 est positif. Dès que ce courant I_L de sortie de l'inductance 16 a des parties en négatif, le montage à pont de diodes redresseur pour la lecture du courant compromet l'estimation de la valeur moyenne.

Il est à noter que la valeur moyenne du courant I_L est égale à la valeur moyenne du courant de sortie I_{OUT} .

Les graphiques G_1 , G_2 et G_3 illustrent schématiquement un exemple de fonctionnement à faible charge du dispositif convertisseur 1, dans le cas de figure où le courant I_L de sortie de l'inductance 16 a des parties négatives.

Le graphique G_1 illustre un courant I_L de sortie de l'inductance 16 (correspondant au courant alternatif au secondaire du transformateur 10), qui est alternatif et de moyenne nulle.

Le graphique G_2 illustre le courant correspondant au primaire du transformateur 10, qui a des phases négatives, positives et nulles, et qui est également de moyenne nulle.

Le graphique G_3 illustre la tension lue V_{sense} correspondant au courant redressé par le pont redresseur 20. Les phases négatives sont redressées en phases positives, et par conséquent, la valeur moyenne de courant estimée, est supérieure à 0. Ainsi, le courant moyen obtenu par ce dispositif n'est pas une image fidèle du courant moyen dans le bloc de puissance 2.

La figure 2 illustre un dispositif convertisseur de tension 40 selon un mode de réalisation de l'invention.

Le dispositif 40 comporte un bloc de puissance 42, un système de lecture de courant 44 faisant partie d'un bloc de commande et de régulation 46, identique au bloc de commande et de régulation 6 illustré à la figure 1.

Dans le mode de réalisation illustré à la figure 2, le bloc de puissance 42 comprend des éléments analogues à ceux du bloc de puissance 2 de la figure 1, qui

sont : un pont de puissance d'entrée 48 à commutateurs branchés selon une topologie « en H », commandé par des signaux de commande Q, Q' , qui a pour fonction de transformer la tension continue d'entrée V_{in} en tension alternative pour alimenter un transformateur 50, composé de deux bobines, une première bobine 50a, appelée classiquement primaire du transformateur, et une bobine secondaire 50b, appelée classiquement secondaire du transformateur.

Dans un mode de réalisation, les commutateurs 48a, 48b, 48c, 48d sont des transistors, par exemple des transistors à effet de champ de type MOSFET.

Chaque sortie du secondaire 50b du transformateur est branchée à la masse via un interrupteur 52, 54.

En un point milieu de la bobine secondaire 50b, est branchée une inductance 56 en sortie de laquelle on obtient un courant alternatif I_L . Une capacité 58 est branchée entre la sortie de l'inductance 56 et la masse.

On obtient en sortie du bloc de puissance 42 une tension continue de sortie V_s et un courant de sortie I_{out} .

Le système de lecture 44 comporte, en lieu et place du pont redresseur à diodes (courant unidirectionnel) 20, un pont à commutateurs 62, chaque commutateur laissant passer un courant bidirectionnel à l'état fermé, branché au primaire du transformateur 50. Le système de lecture 44 comporte également une résistance de mesure 64, branchée en parallèle du pont à commutateurs 62.

Le pont à commutateurs 62 effectue un redressement actif, par opposition au fonctionnement passif d'un pont redresseur à diodes.

Le pont à commutateurs 62 est composé dans le mode illustré à la figure 2 de quatre commutateurs 62a, 62b, 62c, 62d, branchés selon une topologie dite « en H », formée d'un premier sous-ensemble de commutateurs 62a, 62d actionnés par un même signal de commande, et d'un deuxième sous-ensemble de commutateurs 62b, 62c actionnés par un même signal de commande.

Le pont à commutateurs 62 est commandé par les mêmes signaux de commande Q, Q' que le pont 48 du bloc de puissance 42, de manière à ce que la commande logique des commutateurs soit identique. En d'autres termes, les commandes des commutateurs 62a, 62b, 62c, 62d sont les mêmes que les commandes des commutateurs 48a, 48b, 48c, 48d du pont à commutateurs du bloc de puissance 42.

En effet, le premier signal Q commande la fermeture et l'ouverture des commutateurs 62a, 62d d'une part et des commutateurs 48a, 48d d'autre part.

De même, le deuxième signal Q' commande la fermeture et l'ouverture des commutateurs 62b, 62c d'une part et des commutateurs 48b, 48c d'autre part.

Les signaux de commande Q, Q' possèdent deux états, un premier état de fermeture, par exemple un état haut, correspondant à la fermeture des commutateurs qu'ils commandent et un second état d'ouverture, par exemple un état bas, correspondant à l'ouverture des commutateurs qu'ils commandent. Les signaux Q, Q' sont périodiques, de période donnée.

Dans l'exemple illustré à la figure 2, tous les commutateurs 48a à 48d et 62a à 62d sont ouverts.

Dans un cas de fonctionnement stabilisé, les états de fermeture et les états d'ouverture ont la même durée d'une demie période, faisant que ces signaux de commande sont décalés dans le temps, l'un par rapport à l'autre, d'une demie période, de manière à commander successivement soit l'ouverture des commutateurs 62a, 62d, 48a, 48d, et la fermeture des commutateurs 62b, 62c, 48b, 48c, soit la fermeture des commutateurs 62a, 62d, 48a, 48d et l'ouverture des commutateurs 62b, 62c, 48b, 48c.

De préférence, les commutateurs 62a, 62b, 62c, 62d sont des transistors, par exemple des transistors à effet de champ de type MOSFET.

Avantageusement, la synchronisation de commande permet de restituer dans le système de lecture 44 une image fidèle du courant, et par conséquent d'obtenir une image fidèle du courant moyen.

Avantageusement, il n'y a pas de redressement du courant alternatif comme c'est le cas d'un pont redresseur à diodes, ce qui permet d'estimer également des moyennes de courant nulles ou proches de zéro.

En effet, lorsque les commutateurs 62a, 62d sont fermés, et les commutateurs 62b, 62c sont ouverts, une première phase du courant I_p au primaire du transformateur passe dans le circuit du système de lecture 44, alors que lorsque les commutateurs 62a, 62d sont ouverts, et les commutateurs 62b, 62c sont fermés, une deuxième phase du courant I_p au primaire du transformateur passe dans le circuit du système de lecture 44.

La figure 3 illustre schématiquement les graphiques de courant dans un exemple de fonctionnement à faible charge du dispositif convertisseur 2.

Le graphique G'_1 , analogue au graphique G_1 de la figure 1, illustre un courant I_L de sortie de l'inductance 16 (correspondant au courant alternatif au secondaire du transformateur 10), qui est alternatif et de moyenne nulle.

Le graphique G'_2 , analogue au graphique G_2 de la figure 1, illustre le courant correspondant au primaire du transformateur 10, qui a des phases négatives, positives et nulles, et qui est également de moyenne nulle.

5 Le graphique G'_3 illustre la tension V_{sense} lue par le système de lecture 44 du dispositif convertisseur 40 de la figure 2, et permettant une mesure de courant associée.

Comme illustré, à la fois les composantes positives et négatives de la tension mesurée aux bornes de la résistance 64 sont lues, ce qui permet d'estimer la moyenne exacte du courant, qui est nulle dans l'exemple illustré.

10 La pente du courant alternatif n'est plus modifiée par la lecture, comme dans le cas de l'utilisation d'un pont redresseur à diodes pour effectuer un redressement des phases négatives du courant.

L'image du courant moyen obtenue est alors fidèle à la valeur moyenne réelle du courant dans le dispositif convertisseur.

15 Le système de lecture permet de régler, depuis le primaire du transformateur, une plage de courant moyen de fonctionnement allant de 0 jusqu'à une valeur de courant maximal correspondant à la limite du bloc de puissance.

Avantageusement, la proximité spatiale des ponts à commutateurs dans le dispositif convertisseur de tension proposé facilite l'implantation matérielle et la compacité du dispositif.

20 Avantageusement, la mesure du courant au primaire du transformateur permet de protéger le transformateur d'une éventuelle surintensité.

REVENDEICATIONS

1.-Dispositif convertisseur de tension apte à convertir une tension continue d'entrée en une tension continue de sortie différente de la tension continue d'entrée, comportant un pont de puissance (48) branché en entrée, un transformateur (50) branché en sortie du pont de puissance (48), et un bloc (46) de commande et de régulation, permettant de réguler la tension continue de sortie via des signaux de commande en entrée du pont de puissance d'entrée (48),

caractérisé en ce que le bloc (46) de commande et de régulation comporte un système de lecture (44) permettant d'obtenir une valeur représentative de l'intensité de courant au primaire (50a) du transformateur (50), ledit système de lecture (44) comportant un pont à commutateurs (62) formé d'une pluralité de transistors à effet de champ de type MOSFET synchronisé avec le pont de puissance d'entrée (48).

2.- Dispositif convertisseur de tension selon la revendication 1, caractérisé en ce que le pont de puissance d'entrée (48) et le pont à commutateurs (62) du système de lecture (44) comportent chacun quatre commutateurs (48a-48d, 62a-62d) branchés selon une topologie donnée, les commutateurs de même position selon ladite topologie dans chacun desdits ponts (48, 62) étant commandés par un même signal de commande (Q, Q') de manière à être soit simultanément ouverts, soit simultanément fermés.

3.- Dispositif convertisseur de tension selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite topologie est une topologie dite en H.

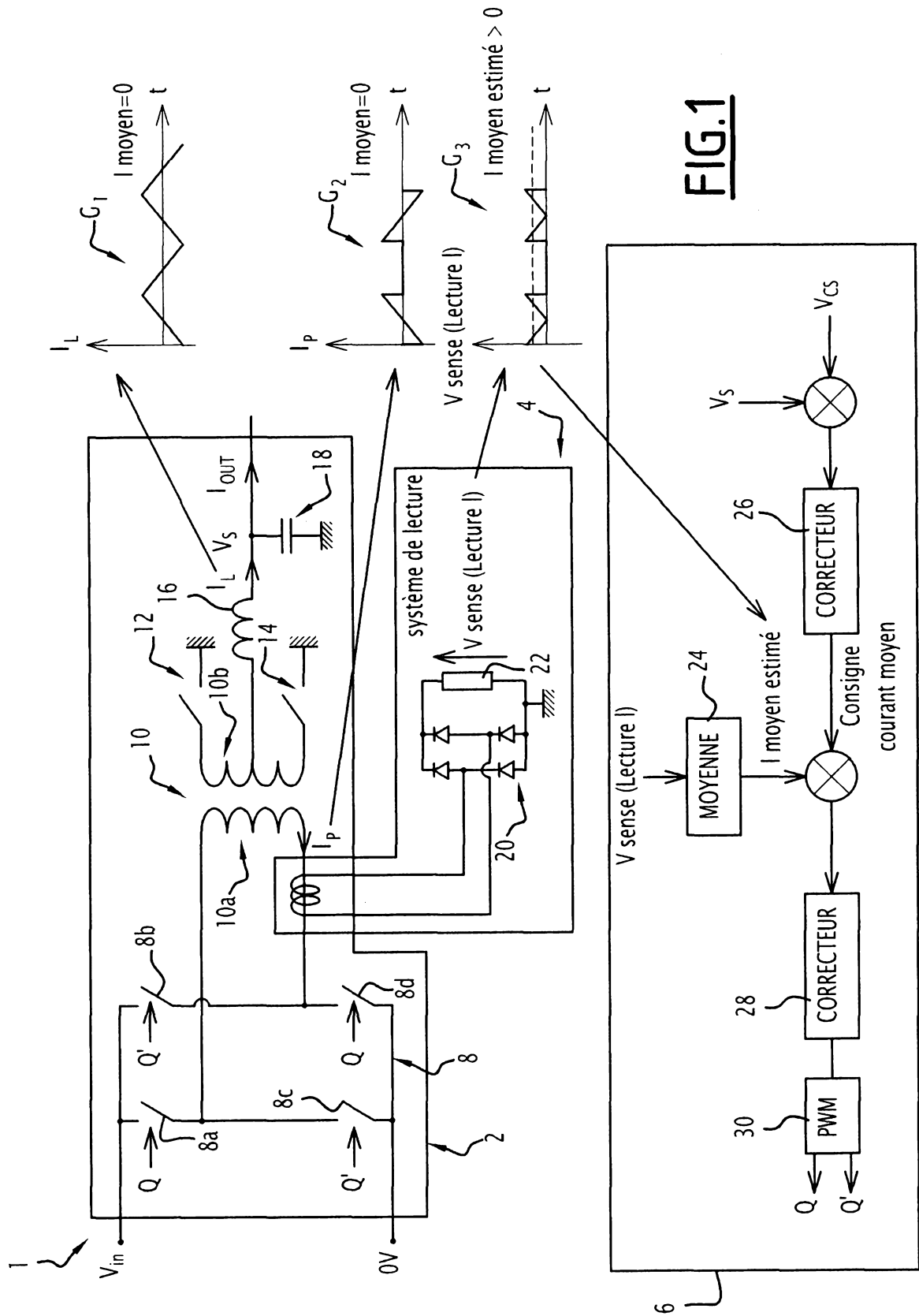
4.- Dispositif convertisseur de tension selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le système de lecture (44) comprend en outre une résistance (64) branchée en parallèle du pont à commutateurs (62) permettant une mesure du courant au primaire (50a) du transformateur (50).

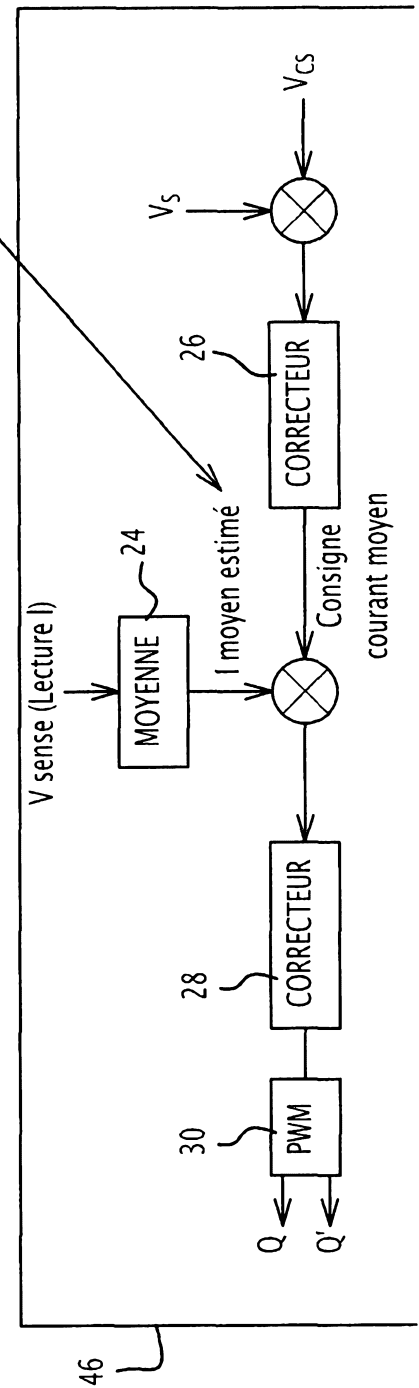
5.- Dispositif convertisseur de tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le bloc (46) de commande et de régulation comprend en outre un filtre (24) pour estimer une valeur moyenne de courant au primaire (50a) du transformateur (50).

6.- Dispositif convertisseur de tension selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un générateur (30) de signaux de commande (Q, Q') en fonction

d'une consigne de tension de sortie (V_{cs}), de la valeur de tension (V_s) et de la valeur moyenne de courant au primaire (50a) du transformateur (50) estimée.

- 7.- Dispositif convertisseur de tension selon la revendication 6, caractérisé en ce
- 5 que le générateur (30) est apte à générer un premier signal de commande (Q) ayant un premier état adapté à ouvrir un premier sous-ensemble de commutateurs (48a, 48d, 62a, 62d), et un deuxième état adapté à fermer le premier sous-ensemble de commutateurs (48a, 48d, 62a, 62d), et un deuxième signal de commande (Q') ayant un premier état adapté à ouvrir un deuxième sous-ensemble de commutateurs (48b, 48c, 62b, 62c), et un
- 10 deuxième état adapté à fermer le deuxième sous-ensemble de commutateurs (48b, 48c, 62b, 62c).





RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

CN 102 636 676 A (ZTE CORP) 15 août 2012 (2012-08-15)

US 2006/132062 A1 (MARU NAOKI [JP] ET AL) 22 juin 2006 (2006-06-22)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT