

⑤④ Dispositif à capacités flottantes et procédé de précharge des capacités d'un tel dispositif.

②② Date de dépôt : 24.02.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *Renault s.a.s Société par actions
simplifiée —FR et Nissan Motor Co., Ltd. Société de
droit japonais —JP.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 25.08.23 Bulletin 23/34.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 13.12.24 Bulletin 24/50.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : LOUDOT Serge.

⑦③ Titulaire(s) : Renault s.a.s. Société par Actions
Simplifiées, Nissan Motor Co., Ltd. Société de droit
japonais.

⑦④ Mandataire(s) : Fedit-Loriot.



Description

Titre de l'invention : Dispositif à capacités flottantes et procédé de précharge des capacités d'un tel dispositif.

- [0001] La présente invention se rapporte à un dispositif à capacités flottantes, tel qu'un onduleur ou un convertisseur continu-continu élévateur de tension, aussi appelé *Boost*.
- [0002] Dans le domaine des véhicules automobiles électriques, il est connu que les systèmes de traction électrique à 800 V imposent des contraintes sur les semi-conducteurs qui sont usuellement dimensionnés à 1200V de tension de blocage.
- [0003] Toutefois, on sait que l'utilisation en série de composants 650V via une topologie multicellulaire, ou à capacité flottante, présente plusieurs avantages :
- [0004] - L'utilisation de composants de plus basse tension ont un meilleur facteur de mérite pour fonctionner à haute fréquence, tel que des transistors en nitrure de gallium ;
- [0005] - Ceci permet de disposer d'une tension de sortie dont le spectre harmonique est plus favorable, d'une part à cause de la plus faible amplitude des fronts de commutation et d'autre part du fait que le premier harmonique issu des commutations est repoussé à $N \cdot F_{sw}$, où F_{sw} est la fréquence de commutation des transistors et N le nombre de cellules de commutation, ce qui permet un gain significatif en termes de volume de filtrage et de dynamique de pilotage du courant de sortie.
- [0006] Ainsi, on connaît dans l'art antérieur une topologie multicellulaire. La figure 1 d'art antérieur représente, [Fig.1a], un bras à 2 cellules et, [Fig.1b], sa généralisation à N cellules.
- [0007] Alors que la fréquence du 1er harmonique est la fréquence de commutation des transistors multipliée par le nombre de cellule.
- [0008] Dans le domaine technique, ces performances sont avantageuses en particulier pour :
- [0009] - Les chargeurs monophasés embarqués pour les systèmes boost de compensation de fluctuation de puissance instantanée, en augmentant la dynamique de régulation du courant et en adressant le réseau 800V avec des composants 650V ;
- [0010] - Les convertisseurs DC/DC *Boost* pour l'alimentation du réseau par plusieurs sources en parallèle de tension différente. Typiquement une pile à combustible et une batterie. En effet le gain en volume de filtrage est significatif, de même qu'en rendement avec l'utilisation de transistors à grand *gap* tels des transistors en Nitrure de Gallium par exemple ; ainsi que
- [0011] - Les onduleurs pour piloter des machines innovantes où une large bande passante est nécessaire pour délivrer des tensions harmoniques multiples de la fréquence électrique fondamentale tout en pouvant filtrer le spectre issu de la commutation.
- [0012] Toutefois une telle topologie présente l'inconvénient de devoir assurer la stabilité de

la tension des capacités flottantes à une valeur moyenne, sur une période d'au moins $1/F_{sw}$, de V_{dc}/N , $2 V_{dc}/N$, $3 V_{dc}/N$ etc. (ce qu'on peut remarquer sur la figure 1 d'art antérieur).

- [0013] Cet équilibrage se fait de façon naturelle en laissant circuler des harmoniques de courant à la fréquence de commutation des transistors et ses (N-1) multiples (N étant le nombre de cellules de commutation imbriquées).
- [0014] Toutefois cet équilibrage est insuffisant voire inexistant dans 2 cas :
- [0015] - La précharge du circuit haute tension, préalable à la connexion de la batterie. Dans ce cas, la 1^{ère} capacité se charge alors que le bras multiniveaux ne débite pas de courant : l'équilibrage naturel ne peut pas se faire et seule la 1^{ère} capacité est chargée imposant de fait la tension V_{dc} sur les transistors de la 1^{ère} cellule, avec un fort risque de destruction par surtension.
- [0016] - En cours de fonctionnement. Si l'impédance de charge est insuffisante, le ré-équilibrage des tensions des capacités flottantes est trop lent voire inexistant.
- [0017] Aussi, il existe le besoin d'une solution pour assurer l'équilibrage des tensions des capacités flottantes dans les deux cas exposés précédemment.
- [0018] A cet effet on propose un dispositif à capacités flottantes, tel qu'un onduleur ou un convertisseur continu-continu élévateur de tension, comprenant une pluralité de N cellules de commutations imbriquées les unes dans les autres, chaque cellule comprenant entre ses bornes de connexion deux transistors commutables en série et une capacité en parallèle des deux transistors, les N cellules étant imbriquées de sorte qu'une deuxième cellule est imbriquée dans une première cellule en étant montée entre les deux transistors en série de la première cellule ; cette imbrication étant répétée pour les N cellules imbriquées, la Nième cellule imbriquée comprenant ses deux transistors montés en série directement l'un à côté de l'autre, une tension de sortie dudit dispositif étant obtenue par la différence de potentiel entre le point milieu situé entre les deux transistors de la Nième cellule imbriquée et une borne de la capacité de la première cellule.
- [0019] Le dispositif à capacités flottantes comprend un circuit d'équilibrage présentant une fréquence de résonance égale à la fréquence de commutation des transistors, ledit circuit d'équilibrage étant monté d'une part audit point milieu entre les deux transistors de la Nième cellule et à ladite borne de la capacité de la première cellule.
- [0020] Avantageusement, ledit circuit d'équilibrage comprend un circuit résonant RLC en série. Autrement dit un circuit résonant comprenant une résistance électrique, une inductance et une capacité montées en série. Ainsi ce dispositif est relativement peu coûteux à fabriquer et est particulièrement fiable.
- [0021] En particulier le dispositif comprend seulement deux cellules de commutation.
- [0022] Avantageusement, le dispositif à capacité flottantes comprend un filtre passe-bande,

et ledit circuit d'équilibrage comprend au moins une capacité partagée avec ledit filtre passe-bande. Ainsi, on peut partager les ressources entre le filtre passe-bande et le circuit d'équilibrage.

[0023] Avantageusement, le circuit d'équilibrage comprend un interrupteur monté en série du circuit RLC. Ainsi, on peut contrôler les périodes d'équilibrage forcé ou naturel des capacités flottantes.

[0024] Avantageusement, le dispositif à capacités flottantes comprend un filtre passe-bande dont la bande passante est centrée à la fréquence de commutation des transistors, le filtre passe-bande étant connecté en parallèle à l'interrupteur.

[0025] En particulier, le dispositif comprend deux cellules de commutations.

[0026] Avantageusement, le dispositif à capacités flottantes comprend en outre un filtre passe-bas, et ledit circuit d'équilibrage comprend au moins une inductance partagée avec ledit filtre passe-bas.

[0027] L'invention concerne aussi un système de conversion de puissance comprenant au moins un dispositif à capacités flottantes tel que décrit précédemment.

[0028] L'invention concerne aussi un véhicule comprenant un système de conversion de puissance tel que décrit précédemment.

[0029] L'invention concerne aussi un procédé de précharge d'un dispositif à capacités flottantes tel que décrit précédemment, en particulier lorsque le circuit d'équilibrage comprend un interrupteur monté en série dudit circuit résonant RLC, comprenant :

- une étape de fermeture de l'interrupteur ;
- une étape de précharge des capacités flottantes de façon à commuter les transistors commutables de chaque cellule à la fréquence de commutation des transistors,
- une étape de comparaison entre la tension de la capacité de la première cellule et une tension prédéterminée;
- une étape d'ouverture de l'interrupteur lorsque ladite tension de la capacité de la première cellule est sensiblement égale à la tension prédéterminée.

Selon une alternative, lorsque le dispositif à capacités flottantes comprend un filtre passe-bande dont la bande passante est centrée à la fréquence de commutation des transistors, le filtre passe-bande étant connecté en parallèle à l'interrupteur l'invention concerne un procédé de précharge d'un dispositif à capacités flottantes comprenant :

- une étape de mesure de la tension de l'interrupteur, dans son état ouvert, filtrée par le filtre passe-bande ;
- une étape de fermeture de l'interrupteur si la tension mesurée dépasse un seuil de déséquilibre prédéterminé;
- une étape de précharge des capacités flottantes de façon à commuter les transistors commutables de chaque cellule à la fréquence de commutation des

transistors,

- une étape de comparaison entre la tension de la capacité de la première cellule et une tension prédéterminée;
- une étape d'ouverture de l'interrupteur lorsque ladite tension de la capacité de la première cellule est sensiblement égale à la tension prédéterminée.

- [0030] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention en référence aux figures :
- [0031] [Fig.1a] est une vue schématique d'un dispositif composé de deux cellules à capacités flottantes connu de l'art antérieur ;
- [0032] [Fig.1b] est une vue schématique d'une généralisation d'un dispositif à N cellules à capacités flottantes de l'art antérieur ;
- [0033] [Fig.2] est une autre vue schématique d'une généralisation d'un dispositif à N cellules à capacités flottantes de l'art antérieur comprenant une charge électrique ;
- [0034] [Fig.3] est une vue de la forme de la tension de sortie d'un dispositif à capacités flottantes selon l'art antérieur ;
- [0035] [Fig.4a] est une vue schématique, pour un bras d'onduleur 800 V à 2 niveaux avec un rapport cyclique de commande identique à la [Fig.3], de la forme de la tension V_{sortie} lorsque qu'il y a équilibre ;
- [0036] [Fig.4b] est une vue schématique, pour un bras d'onduleur 800 V à 2 niveaux dans les mêmes conditions de pilotage, de la forme de la tension V_{sortie} lorsque qu'il y a dés-équilibre ;
- [0037] [Fig.5a] est une vue schématique d'un dispositif à capacités flottantes selon l'invention comprenant un circuit d'équilibrage dédié ;
- [0038] [Fig.5b] est une vue schématique d'un dispositif à capacités flottantes selon l'invention comprenant un circuit d'équilibrage comportant une inductance partagée avec un filtre passe-bas nécessaire au contrôle du courant basse-tension ;
- [0039] [Fig.6] est une représentation schématique du procédé de fonctionnement d'un circuit de détection de déséquilibre selon un mode de réalisation de l'invention ;
- [0040] [Fig.7a] est une représentation schématique d'un convertisseur alimenté par une source de tension continue connectable selon un mode de réalisation de l'invention ;
- [0041] [Fig.7b] est une représentation schématique d'un convertisseur continu-continu élévateur de tension, dit *Boost*, selon un mode de réalisation de l'invention; et
- [0042] [Fig.8] représente sous forme de graphique temporel un protocole de précharge pour un circuit de compensation de fluctuations de puissance ([Fig.7a]) selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0043] Les figures 1a et 1b représentent respectivement la topologie d'un bras d'onduleur deux niveaux à cellules imbriquées (ou capacité flottante) et sa généralisation à N cellules.

- [0044] Cette topologie, connue de l'homme de l'art, présente plusieurs avantages :
- [0045] - Le contenu spectral de la tension fournie est beaucoup moins riche car le spectre harmonique du découpage commence à N fois la fréquence de commutation des transistors pour une amplitude N fois plus faible.
- [0046] La [Fig.3] représente la tension produite pour un bras à 2 cellules alimentée en 800V (pour une consigne de tension triangulaire allant $0,1 \cdot 800 = 80V$ à $0,9 \cdot 800V = 720V$) : l'amplitude des fronts est de 400V alors que la fréquence des créneaux de tension est double de la fréquence de commutation des transistors du bras.
- [0047] Cette modification du spectre par rapport à celui d'un bras à une cellule de commutation à deux niveaux, permet de réduire significativement la taille du filtrage nécessaire pour atténuer ces harmoniques liés à la commutation des transistors.
- [0048] Elle permet ainsi de mettre en série plusieurs transistors tout en garantissant un équilibrage de la tension appliquée à chacun d'eux, dans la mesure où la tension de chaque capacité flottante soit stabilisée à sa tension d'équilibre (V_{dc}/N , $2 V_{dc}/N$, ..., $(N-1) V_{dc}/N$).
- [0049] De fait, il devient possible d'utiliser sous haute tension (typiquement 800V) des composants de plus faible tension mais avec de meilleures aptitudes à commuter à haute fréquence (typiquement des composants HEMT - « *High Electron Mobility Transistor* » en langue anglaise - à base de GaN).
- [0050] Ces avantages permettent d'améliorer significativement les convertisseurs haute tension qui requièrent une dynamique de régulation élevée du contrôle du courant délivré, les principaux sont :
- [0051] - Les convertisseurs chargés de la compensation de fluctuation de puissance instantanée pour les chargeurs monophasés (où la puissance instantanée qui est pulsée à 2 fois la fréquence du réseau produit des ondulations de courant dans la batterie en charge sans compensation),
- [0052] - Les convertisseurs élévateurs, typiquement pour associer en parallèle plusieurs sources de tension, une pile à combustible et une batterie par exemple.
- [0053] - Des onduleurs dont on exige une large bande passante de la tension délivrée pour compenser des déformations spatiales intrinsèques à la machine à piloter. Par exemple une machine à poudre de fer.
- [0054] Pour que ces avantages restent valides, il faut garantir en permanence un bon équilibrage de la tension des capacités flottantes, et notamment :
- [0055] - Dans la phase de précharge, où la tension V_{dc} croît (lentement via un système de précharge) de 0 à 800V par exemple, le véhicule est à l'arrêt et les convertisseurs multinationaux ne débitent pas de courant ce qui compromet un équilibrage naturel ; et
- [0056] - En cours de fonctionnement, en cas de fort transitoire sur la tension V_{dc} , ou en cas de dispersion de la valeur des capacités flottantes (qui doivent être de même valeur).

- [0057] Ainsi les capacités flottantes sont convenablement équilibrées lorsque leur tension est à $V_{dc}/2$ dans le cas de 2 cellules ou $M \cdot V_{dc}/N$ dans le cas de la $M^{ième}$ cellule lorsqu'il y a N cellules de commutations imbriquées.
- [0058] Lorsque cet équilibre est atteint, chaque transistor bloque alors la même tension égale à V_{dc}/N .
- [0059] Lors de la phase de précharge, lorsque la tension V_{dc} s'accroît lentement, il est nécessaire de s'assurer que la tension des capacités flottante évolue dans le même ratio.
- [0060] Sachant que dans cette phase, en référence à la [Fig.1b] et 2, le bras multicellulaire ne débite pas de courant, $I_{charge} = 0$, les capacités flottantes $C_i=1$ à $N-1$ ne peuvent pas s'équilibrer.
- [0061] La [Fig.2] montre que le courant I_{CM} d'une capacité flottante d'indice M peut être à un instant donné soit nul soit égal à I_{charge} ou à $-I_{charge}$ selon l'état des transistors des cellules M et M-1 qui l'entourent.
- [0062] Lorsque la charge présente une impédance trop forte, le courant I_{CM} est insuffisant pour faire varier la tension de la capacité C_M avec une dynamique suffisante au regard de celle de la précharge, donc de préserver les transistors d'une surtension destructrice.
- [0063] Pour assurer en permanence l'équilibrage de la tension des capacités flottantes, un circuit résonant 50, aussi appelé circuit d'équilibrage 50, est ajouté. La fréquence de résonance du circuit d'équilibrage 50 est égale à la fréquence de commutation F_{sw} des transistors.
- [0064] Ainsi selon le mode de réalisation principal de l'invention le dispositif 1, 1', en référence aux figures 5a, 5b et 7a et 7b, à capacités flottantes, tel qu'un onduleur 1 ou un convertisseur continu-continu élévateur de tension 1', comprend une pluralité de N cellules de commutations 2, 2' imbriquées les unes dans les autres, chaque cellule 2, 2' comprenant entre ses bornes de connexion deux transistors commutables 21, 22, 21', 22' en série et une capacité 23, 23' en parallèle des deux transistors 21, 22, 21', 22'.
- [0065] Les N cellules 2, 2' sont imbriquées de sorte qu'une deuxième cellule 2 est imbriquée dans une première cellule 2' en étant montée entre les deux transistors en série 21', 22' de la première cellule 2'.
- [0066] Cette imbrication est répétée pour les N cellules imbriquées, la $N^{ième}$ cellule imbriquée comprenant ses deux transistors 21, 22 montés en série directement l'un à côté de l'autre.
- [0067] La tension de sortie V_{sortie} dudit dispositif 1, 1' est ainsi obtenue par la différence de potentiel entre le point milieu 70 situé entre les deux transistors 21, 22 de la $N^{ième}$ cellule imbriquée, ici la deuxième cellule 2, et la borne 71 de la capacité de la première cellule 2'.
- [0068] Ce dispositif 1, 1' comprend un circuit d'équilibrage 50, ici un circuit résonant RLC 50, comprenant une capacité C_{eq} , une inductance L_{eq} et une résistance R_{eq} connectées

en série. Le circuit d'équilibrage 50 est adapté pour présenter une fréquence de résonance égale à la fréquence de commutation des transistors.

[0069] Ce circuit d'équilibrage 50 est monté d'une part au point milieu 70 entre les deux transistors de la N^{ième} cellule et à la borne 71 de la capacité de la première cellule 2'.

[0070] Ce circuit résonant 50 permet ainsi de contrôler l'impédance de charge à cette fréquence particulière F_{sw} et de fait assurer l'équilibrage des capacités flottantes quel que soit l'impédance de charge utile.

[0071] Selon une mise en œuvre particulière de l'invention, ce circuit peut être connecté et déconnecté par un interrupteur.

[0072] La [Fig.6] représente de manière schématique un circuit résonant RLC 50 selon l'invention connecté en série par un interrupteur quatre quadrants qui peut être mécanique ou à semi-conducteurs.

[0073] Ainsi, lors d'un procédé de précharge, mis en œuvre par l'invention, la tension aux bornes du circuit haute-tension croît assez lentement.

[0074] Dès le début de la phase de précharge, on procède à la commutation des transistors de sorte qu'un courant apparaisse dans le circuit d'équilibrage.

[0075] Dans un mode particulier de l'invention pour un compensateur de fluctuation de puissance pour chargeur monophasé ou un bras d'onduleur, la [Fig.7a] présente le schéma où la batterie est côté haute-tension.

[0076] Une fois la batterie connectée via la fermeture de son contacteur 75, on applique un rapport cyclique continu égal au rapport V_C/V_{bat} où V_C est la tension à laquelle on souhaite que la capacité de stockage $C_{stockage}$ soit préchargée et V_{bat} la tension de la batterie au moment où se ferme le contacteur.

[0077] Dans le cas d'un convertisseur DC/DC élévateur, aussi appelé *Boost*, représenté en [Fig.7b], pour un véhicule hybride ou pile à combustible, le rapport cyclique appliqué durant la précharge sera au rapport V_{bat}/V_{dc} où V_{bat} est la tension de la batterie connectée côté basse tension et V_{dc} la tension souhaitée côté haute tension, par exemple 800V.

[0078] Dans le cas d'un onduleur, tel que représenté [Fig.7a], un rapport cyclique identique est appliqué à chaque bras alimentant une phase du moteur.

[0079] Ainsi, seul un courant homopolaire à N fois (N étant le nombre de cellules imbriquées de chaque bras) la fréquence de commutation F_{sw} se crée dans les phases du moteur sans créer de couple.

[0080] Le circuit d'équilibrage 50 peut être déconnecté par un interrupteur 501 (visible sur les figures 5a et 5b) électronique ou électromécanique, afin que seule l'impédance de la charge utile du convertisseur assure l'équilibrage des capacités flottantes, ce qui est illustré par la [Fig.6].

[0081] Lors de la phase de précharge, le circuit résonant d'équilibrage 50 est systéma-

tiquement connecté puis déconnecté dès le début du fonctionnement du bras, autrement dit dès qu'il débite du courant.

- [0082] La figure 4 représente, pour un bras d'onduleur 800 V à 2 niveaux la forme de la tension V_{sortie} lorsque les capacités flottantes sont équilibrées ([Fig.4a]), soit une capacité flottante à 400 V, et lorsque les capacités flottantes sont déséquilibrées ([Fig.4b]) ici une capacité flottante à 300 V pour une même modulante triangulaire comme représentée à la [Fig.3].
- [0083] Outre la surtension appliquée à 2 transistors, on distingue l'apparition d'un harmonique à la fréquence de commutation F_{sw} , alors que le 1er harmonique est à $2 \cdot F_{\text{sw}}$ en cas d'équilibre.
- [0084] De fait, un circuit résonant RLC 50 accordé à cette fréquence F_{sw} connecté en parallèle de la charge permet de faire circuler exclusivement un courant dédié à l'équilibrage avec une charge en courant à minima.
- [0085] La [Fig.6] montre également le principe d'un circuit de détection de déséquilibre via le traitement de la mesure de la tension 61 aux bornes de l'interrupteur ouvert. Au-delà d'un certain seuil de déséquilibre 63, c'est-à-dire si l'impédance de charge est inadaptée pour assurer l'équilibrage naturel des capacités flottantes, le pilotage du système 64 peut ordonner la fermeture de l'interrupteur 501 pour assurer ce ré-équilibrage.
- [0086] La mesure de la tension 61 aux bornes de l'interrupteur ouvert 501 du circuit RLC d'équilibrage 50 permet de mesurer cette tension et, via un filtre passe bande 62 centré sur la fréquence F_{sw} , détecter l'amplitude de l'harmonique à F_{sw} (ou proche à $\pm 15\%$ par exemple) qui est un marqueur de déséquilibre.
- [0087] On considère généralement le déséquilibre significatif lorsqu'il dépasse 10% à 20% de V_{dc}/N (soit 40 à 80 V dans le cas de 2 niveaux pour $V_{\text{dc}} = 800\text{V}$ qui est présenté).
- [0088] Cette solution est avantageuse car elle ne requiert qu'un circuit analogique simple en permanence référencé à la base du bras d'onduleur (contrairement à une mesure directe de la tension des capacités flottantes).
- [0089] La [Fig.8] représente un exemple de protocole de précharge pour un circuit de compensation de fluctuations de puissance. Le circuit d'équilibrage est connecté 80 dès le début de la précharge 81 en même temps que les ordres de commutations sont lancés. La capacité intermédiaire 86 se charge grâce au courant dans le circuit d'équilibrage.
- [0090] On remarque que l'équilibrage 86 cesse dès que le circuit est déconnecté 82 et reprend après sa reconnexion 83.
- [0091] Ainsi, par cette phase d'équilibrage en fonctionnement on remarque les avantages suivants.
- [0092] En cours de fonctionnement, l'équilibrage imparfait des capacités flottantes peut produire un courant significatif dans le circuit d'équilibrage durant une longue période

(typiquement plusieurs secondes). Il est avantageux dans ce cas de déconnecter ce circuit afin de laisser l'équilibrage naturel se faire via les harmoniques de courant dans la charge.

- [0093] Ainsi, une fois la phase de précharge 81 effectuée, le circuit d'équilibrage est déconnecté 82 juste avant le démarrage de la conversion.
- [0094] En cas de dépassement d'un seuil de déséquilibre en cours de fonctionnement, le pilotage ordonne la fermeture de l'interrupteur 501 afin de connecter à nouveau le circuit d'équilibrage 50, tel que représenté [Fig.6], pendant une durée donnée avant de rouvrir le contact.
- [0095] Le seuil de détection ainsi que la durée de connexion du circuit d'équilibrage peuvent être variable et fonction d'autres paramètres mesurés, en plus de la tension aux bornes du contact, tels que le courant de charge.
- [0096] Selon un mode de réalisation de l'invention, on peut combiner et partager des composants entre le circuit d'équilibrage RLC selon l'invention et un circuit de filtrage.
- [0097] A cet effet, la [Fig.5a] représente un circuit d'équilibrage dédié et la [Fig.5b] représente un circuit d'équilibrage comprenant une inductance partagée avec le filtrage passe-bas 505 nécessaire au contrôle du courant basse-tension.
- [0098] Les inductances étant les composants passifs les plus volumineux et les plus dissipatif, un partage de ce composant entre les deux fonctions peut présenter un gain de volume relativement significatif.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif (1, 1') à capacités flottantes, tel qu'un onduleur (1) ou un convertisseur continu-continu élévateur de tension (1'), comprenant une pluralité de N cellules de commutations (2, 2') imbriquées les unes dans les autres, chaque cellule (2, 2') comprenant entre ses bornes de connexion deux transistors commutables (21, 22, 21', 22) en série et une capacité (23, 23') en parallèle des deux transistors (21, 22, 21', 22'), les N cellules (2, 2') étant imbriquées de sorte qu'une deuxième cellule (2) est imbriquée dans une première cellule (2') en étant montée entre les deux transistors en série (21', 22') de la première cellule (2'); cette imbrication étant répétée pour les N cellules imbriquées, la N^{ième} cellule imbriquée comprenant ses deux transistors (21, 22) montés en série directement l'un à côté de l'autre, une tension de sortie dudit dispositif (1, 1') étant obtenue par la différence de potentiel entre le point milieu (70) situé entre les deux transistors (21, 22) de la N^{ième} cellule imbriquée et une borne (71) de la capacité (23') de la première cellule (2'); le dispositif (1, 1') comprenant un circuit d'équilibrage (50) présentant une fréquence de résonance égale à la fréquence de commutation (F_{sw}) des transistors, ledit circuit d'équilibrage (50) étant monté d'une part audit point milieu (70) entre les deux transistors de la N^{ième} cellule et à ladite borne (71) de la capacité de la première cellule (2') ; ledit circuit d'équilibrage (50) comprend un circuit résonant RLC (50) en série et un interrupteur (501) monté en série dudit circuit résonant RLC (50) ; le dispositif (1, 1') étant **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre un filtre passe-bande (62) dont la bande passante est centrée à la fréquence de commutation des transistors, le filtre passe-bande (62) étant connecté en parallèle à l'interrupteur (501).
- [Revendication 2] Dispositif à capacités flottantes (1, 1') selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif (1, 1') comprend deux cellules de commutations (2, 2').
- [Revendication 3] Dispositif à capacités flottantes selon la revendication 1 ou 2, comprenant en outre un filtre passe-bas (505), caractérisé en ce que ledit circuit d'équilibrage (50) comprend au moins une inductance partagée avec ledit filtre passe-bas.
- [Revendication 4] Système de conversion de puissance pour un véhicule, comprenant au moins un dispositif à capacités flottantes selon l'une quelconque des re-

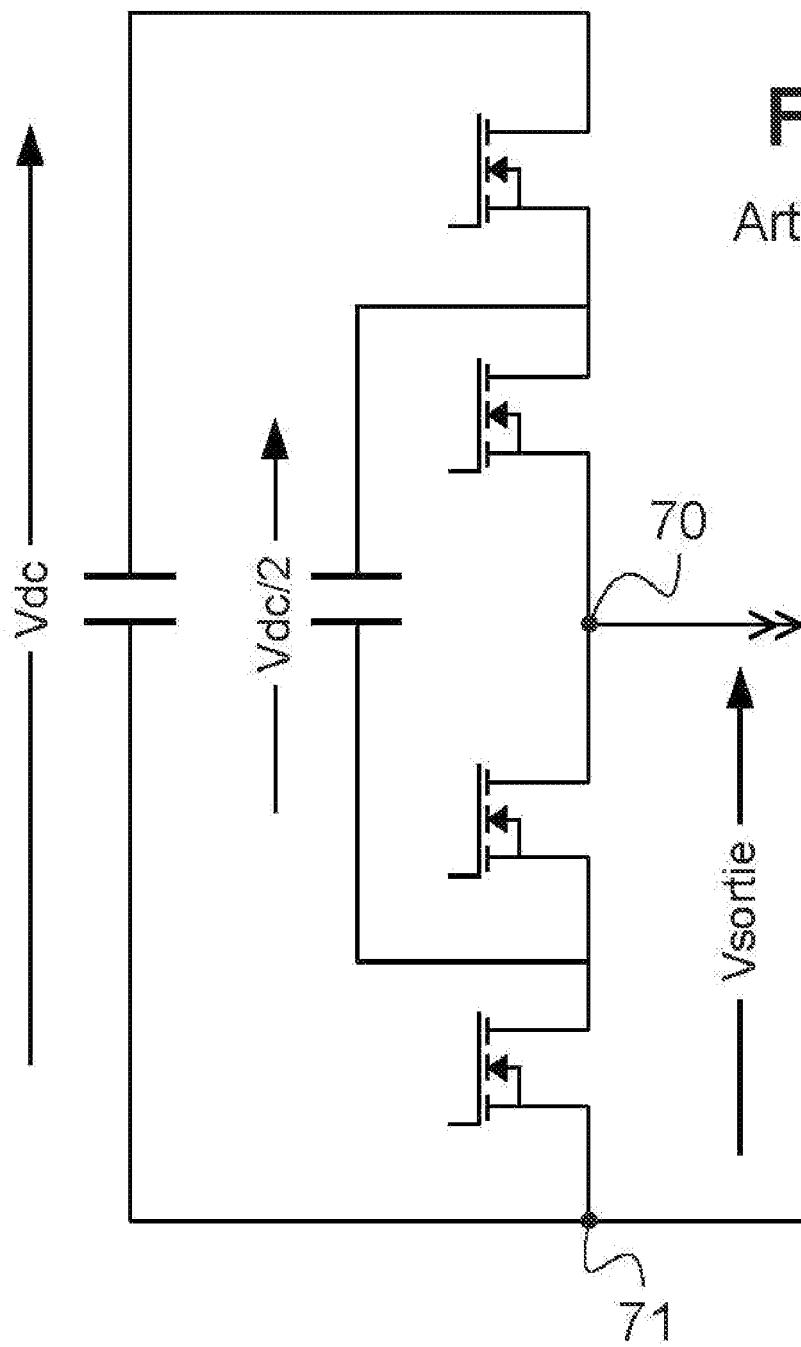
ventions précédentes.

[Revendication 5] Véhicule comprenant un système de conversion de puissance selon la revendication 4.

[Revendication 6] Procédé de précharge d'un dispositif à capacités flottantes selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une étape de mesure de la tension de l'interrupteur (501), dans son état ouvert, filtrée par le filtre passe-bande (62) ;
- une étape de fermeture de l'interrupteur (501) si la tension mesurée dépasse un seuil de déséquilibre prédéterminé;
- une étape de précharge (85) des capacités flottantes (23, 23') de façon à commuter les transistors commutables (21, 22, 21', 22') de chaque cellule (2, 2') à la fréquence de commutation des transistors,
- une étape de comparaison entre la tension de la capacité (23') de la première cellule (2') et une tension prédéterminée;
- une étape d'ouverture de l'interrupteur (501) lorsque ladite tension de la capacité de la première cellule est sensiblement égale à la tension prédéterminée.

[Fig. 1a]

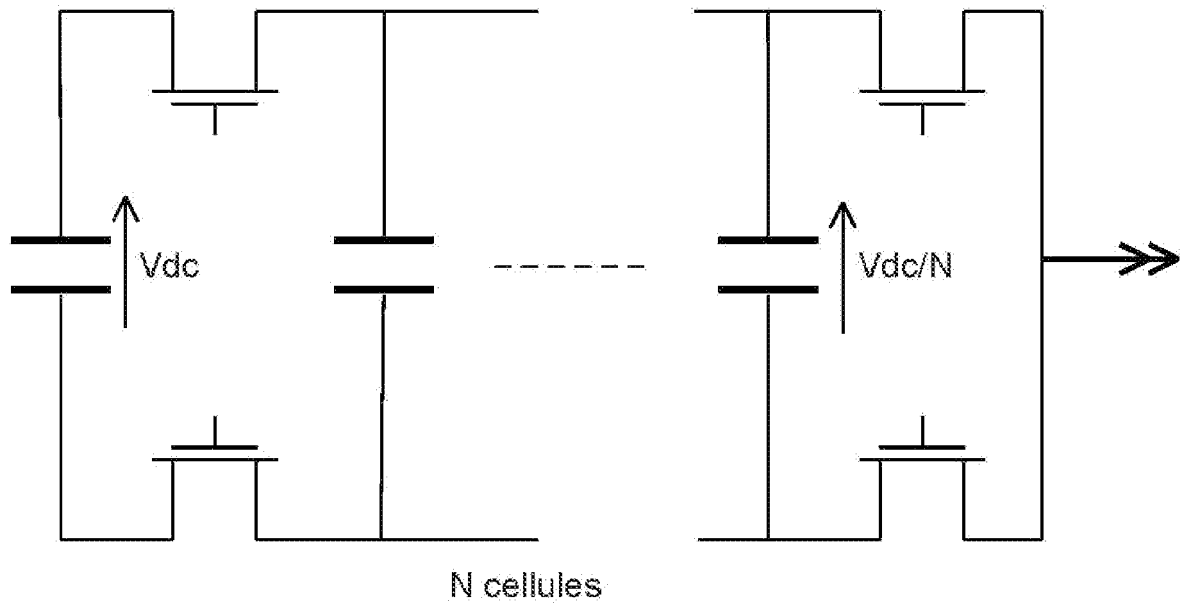
**Fig.1a**

Art Antérieur

[Fig. 1b]

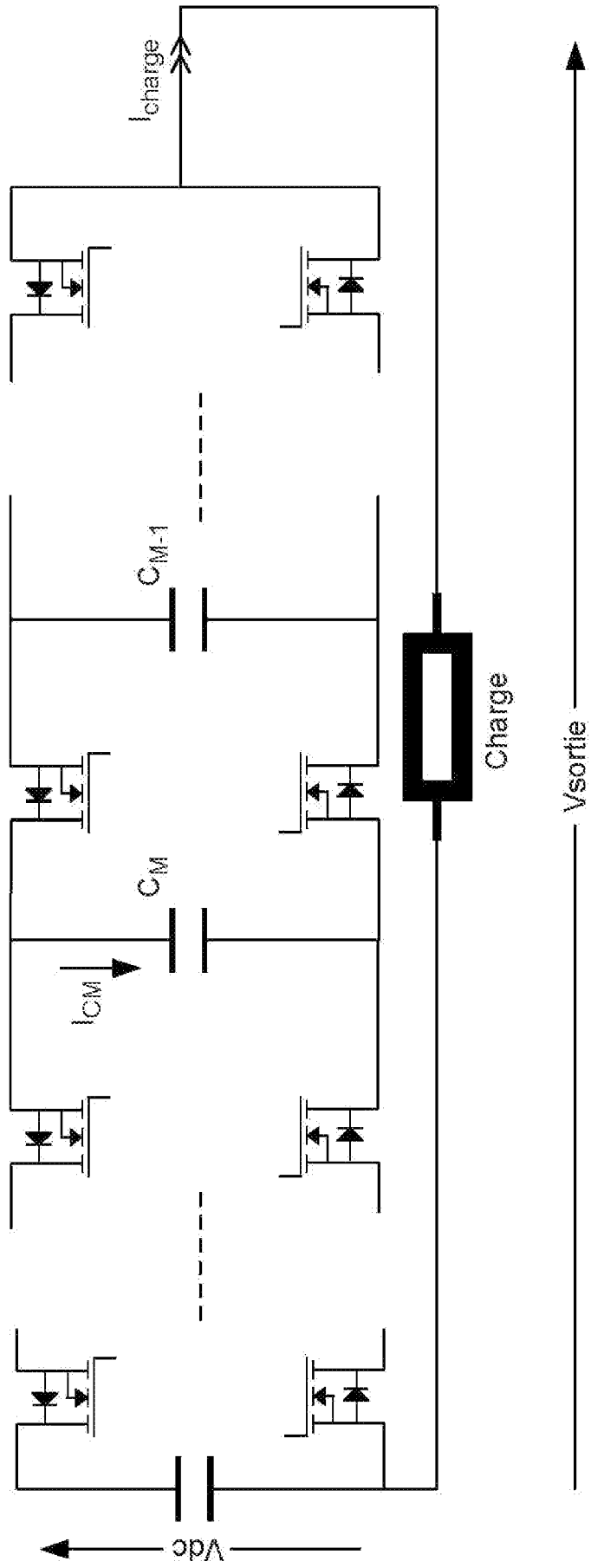
Fig.1b

Art Antérieur



[Fig. 2]

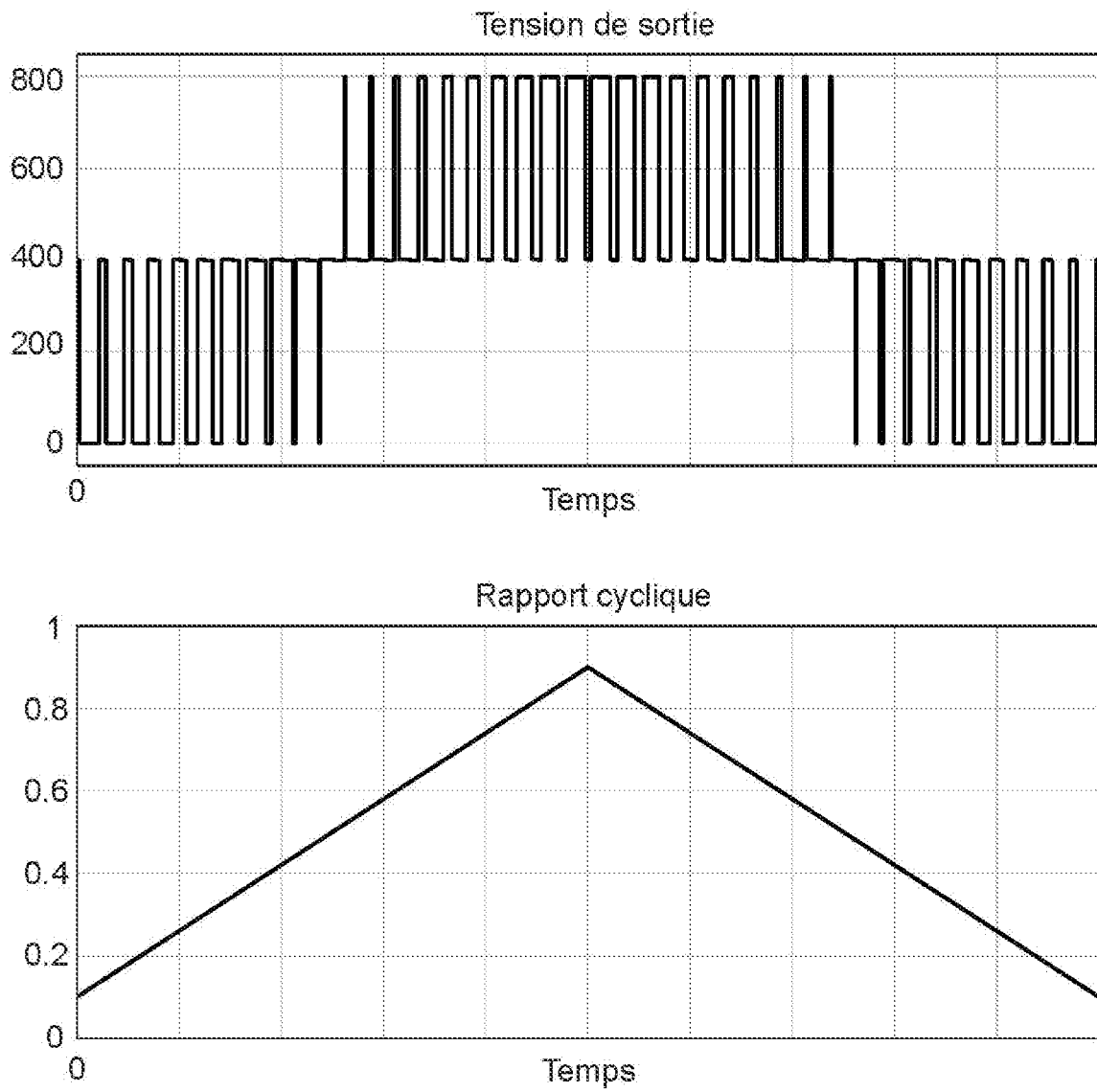
Fig.2



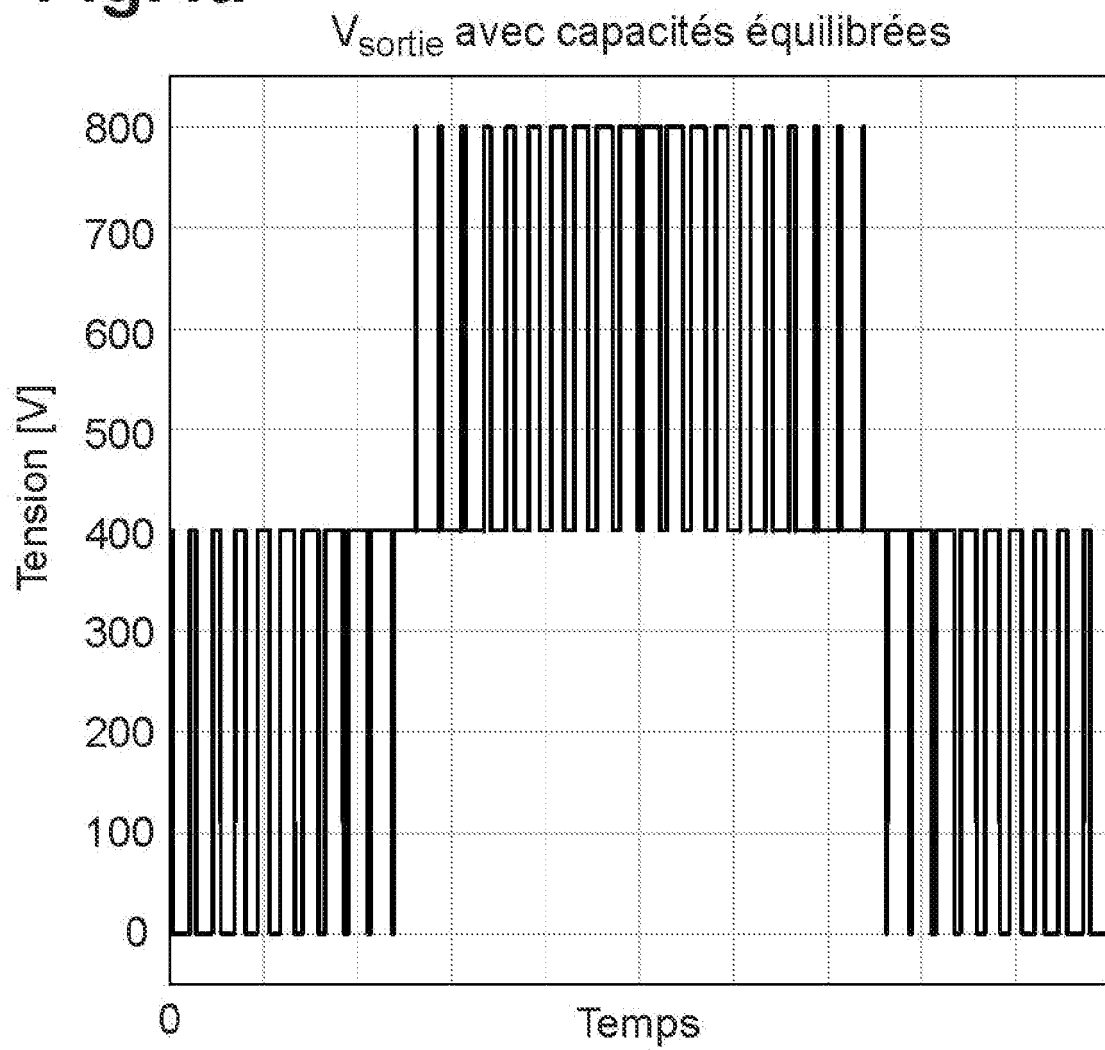
[Fig. 3]

Fig.3

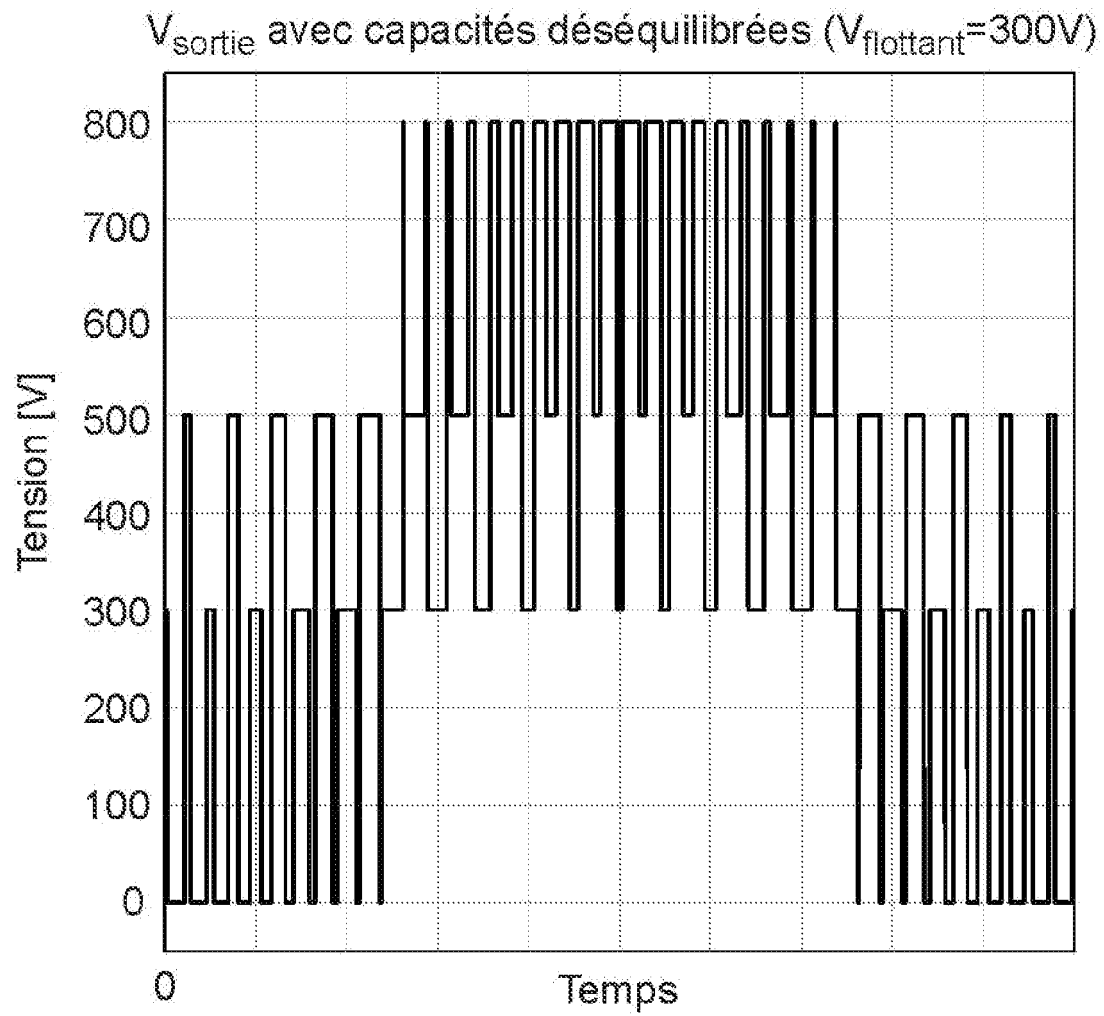
Art Antérieur



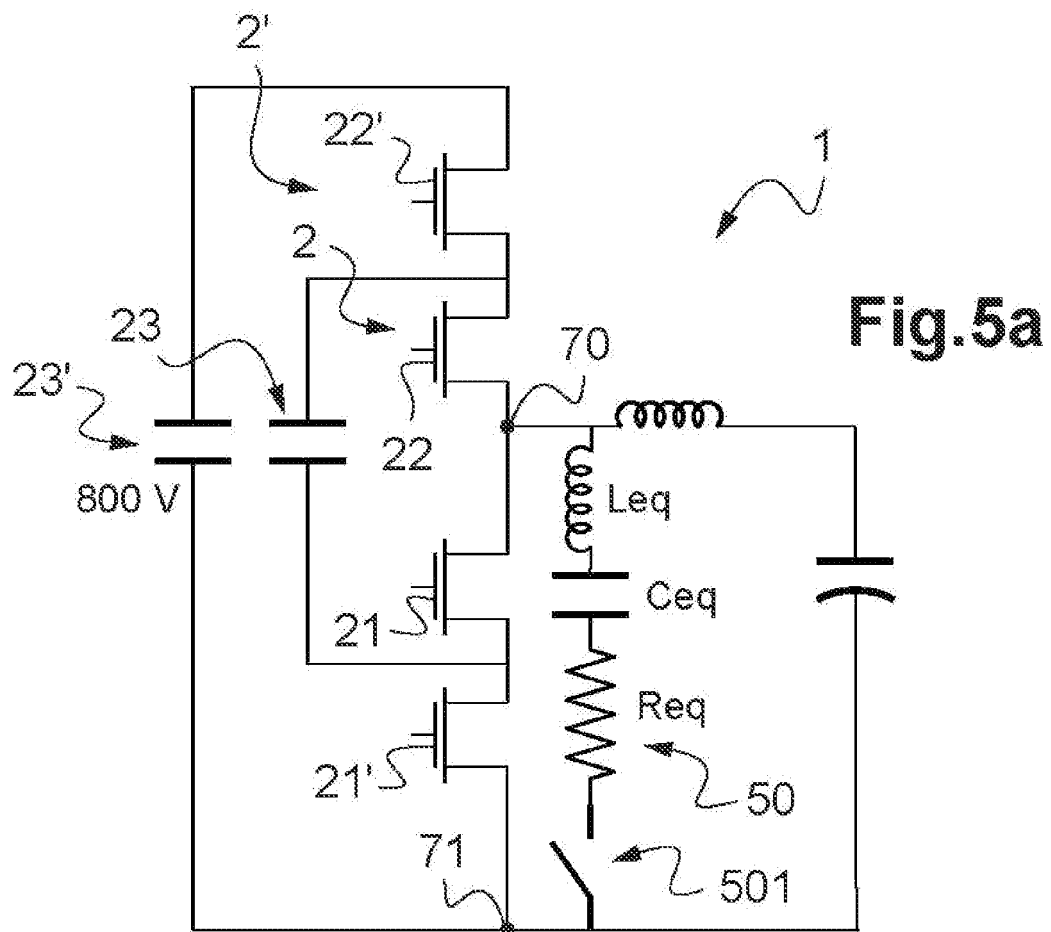
[Fig. 4a]

Fig.4a

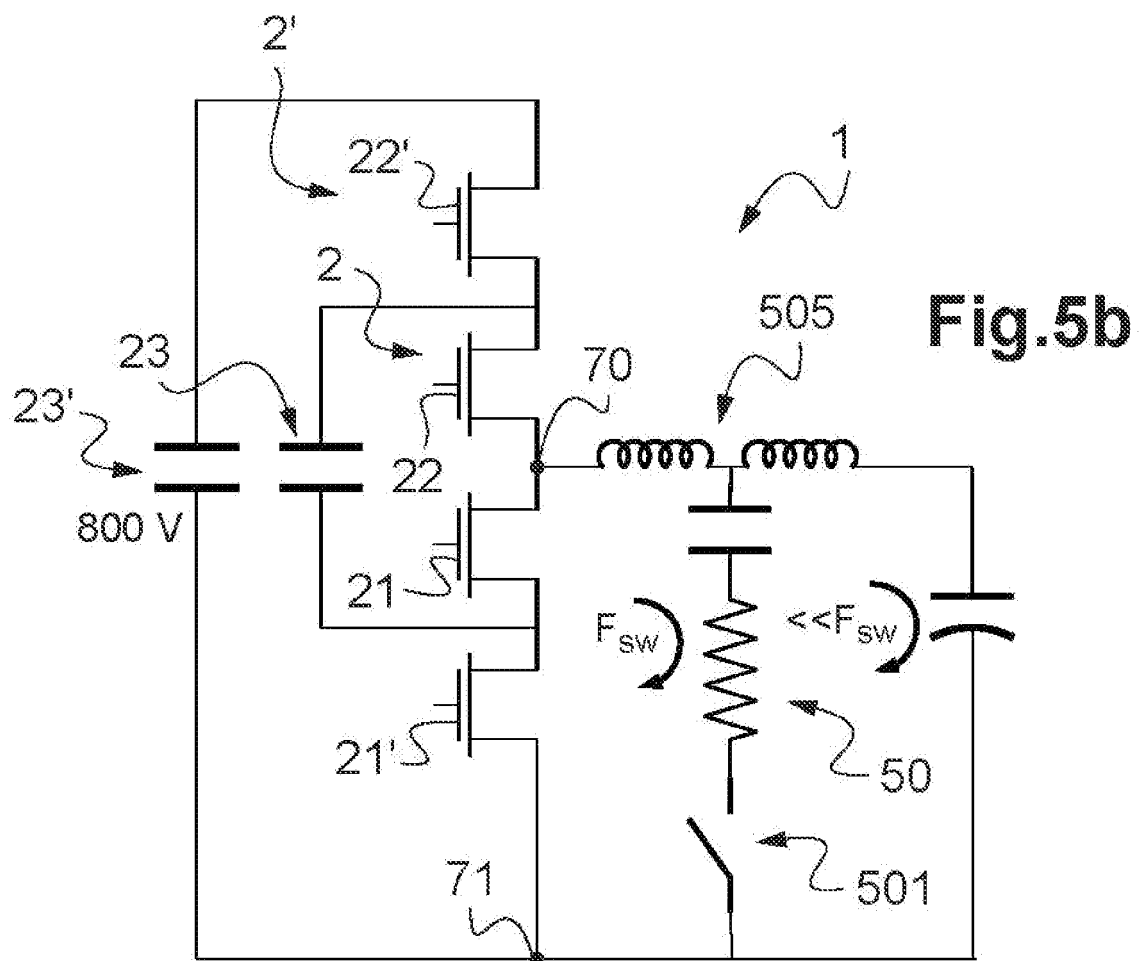
[Fig. 4b]

Fig.4b

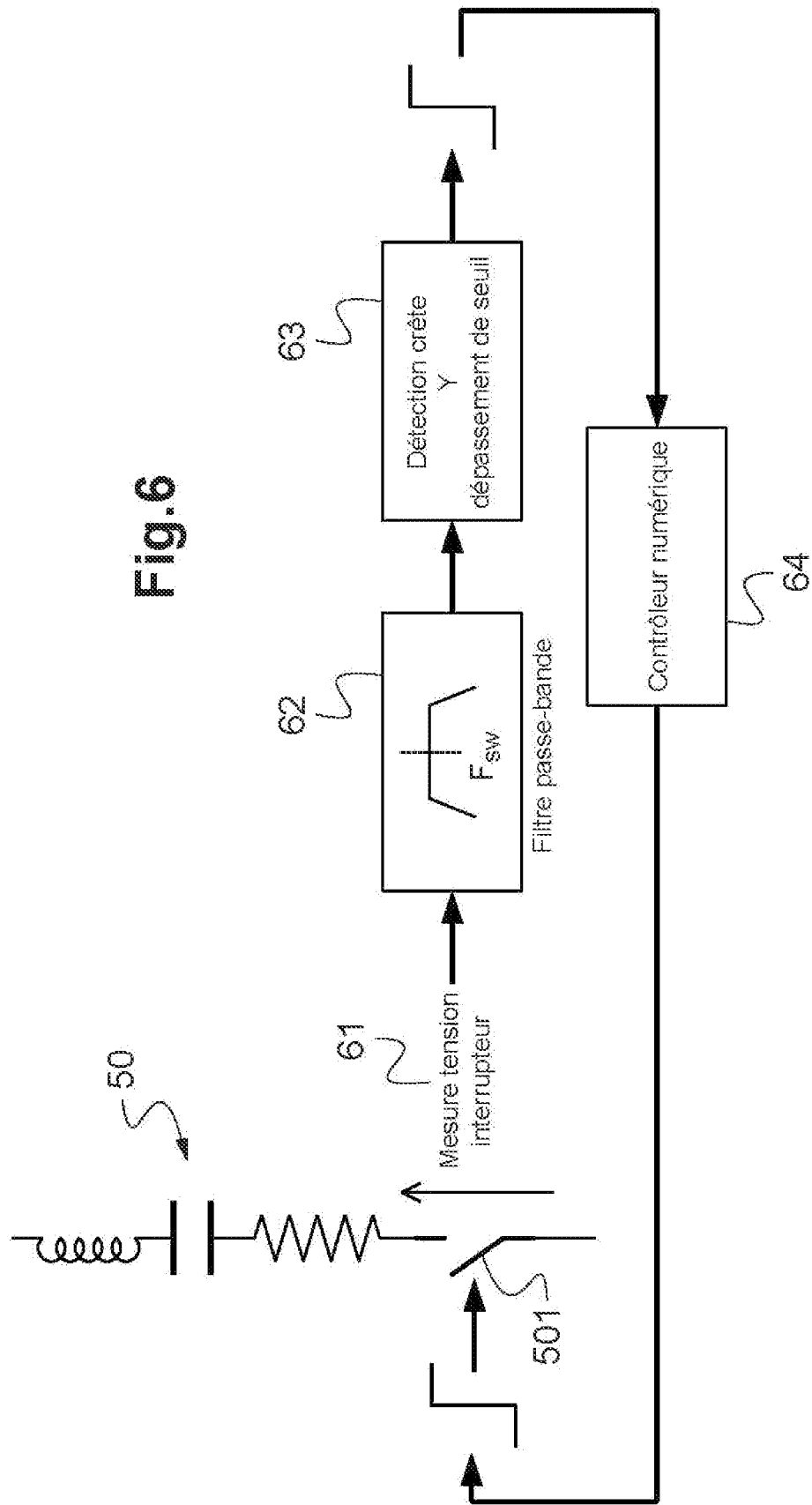
[Fig. 5a]

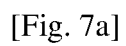


[Fig. 5b]

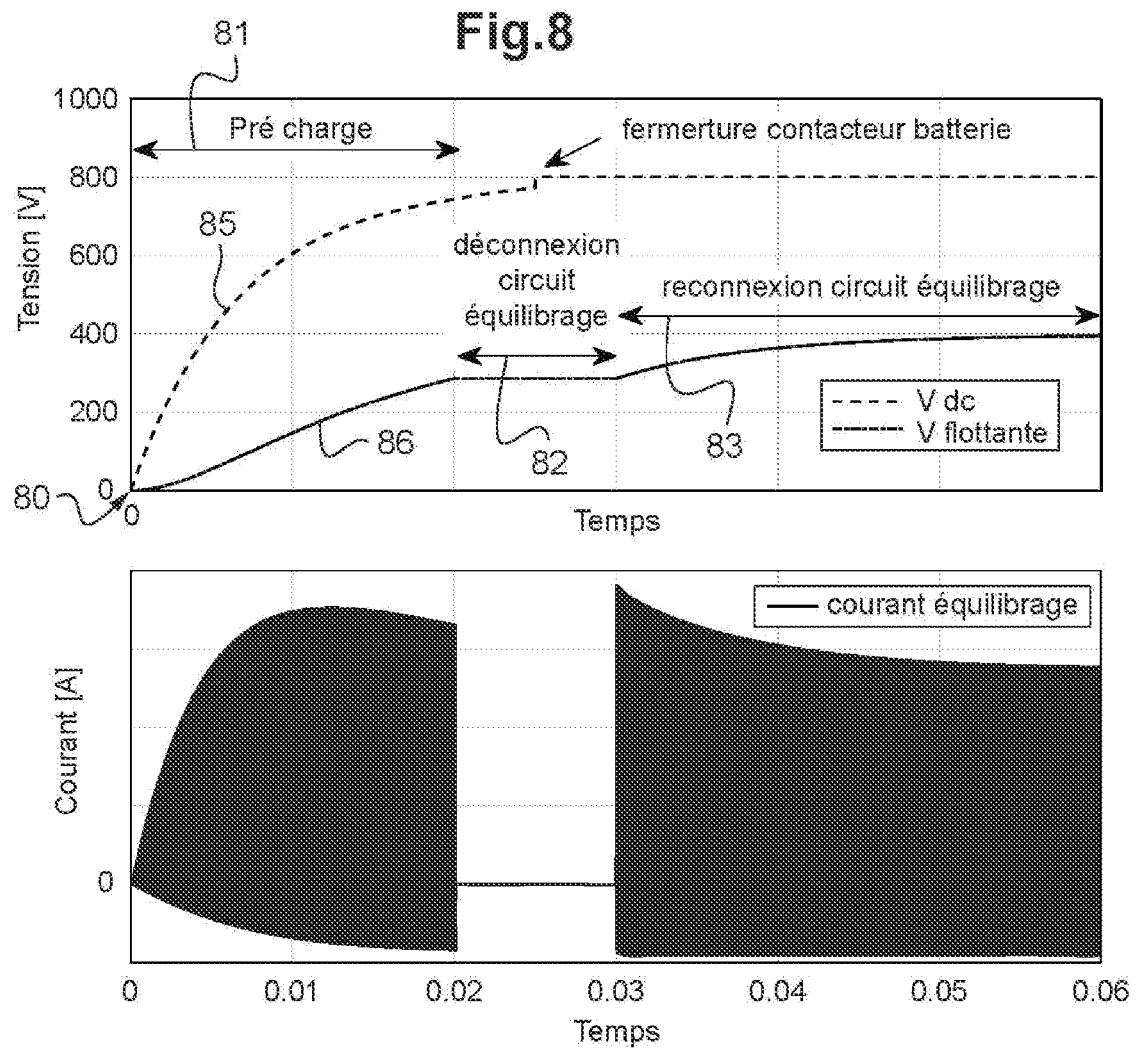


[Fig. 6]





[Fig. 8]



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

NEANT

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

STALA R ET AL: "Results of Investigation of Multicell Converters With Balancing Circuit-Part I",
IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, USA,
vol. 56, no. 7,
1 juillet 2009 (2009-07-01), pages 2610-2619, XP011257423,
ISSN: 0278-0046

STALA R: "The Switch-Mode Flying-Capacitor DC-DC Converters With Improved Natural Balancing",
IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, USA,
vol. 57, no. 4, 1 avril 2010 (2010-04-01), pages 1369-1382, XP011295454,
ISSN: 0278-0046

STALA R ET AL: "Experimental study of a multicell ac/ac converter balancing circuit",
2008 13TH INTERNATIONAL POWER ELECTRONICS AND MOTION CONTROL CONFERENCE : [EPE-PEMC 2008] ; POZNAN, POLAND, 1 - 3 SEPTEMBER 2008, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA,
1 septembre 2008 (2008-09-01), pages 345-349, XP031343596,
ISBN: 978-1-4244-1741-4

US 10 886 832 B2 (SOLAREEDGE TECHNOLOGIES LTD [IL]) 5 janvier 2021 (2021-01-05)

WO 02/13364 A1 (ABB AB [SE]; BIJLENGA BO [SE] ET AL.) 14 février 2002 (2002-02-14)

RUSFA FIQIH TRI FATHULAH ET AL:
"Harmonics Suppression using a GaN-based Flying-Capacitor Multilevel Inverter with PWM Operation at 13.6 MHz",

2021 IEEE ENERGY CONVERSION CONGRESS AND
EXPOSITION (ECCE), IEEE,
10 octobre 2021 (2021-10-10), pages
5966-5973, XP034019834,
DOI: 10.1109/ECCE47101.2021.9596042
[extrait le 2021-10-29]

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

NEANT