

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
6 février 2003 (06.02.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/010875 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : **H02M**

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR02/02532

(22) Date de dépôt international : 16 juillet 2002 (16.07.2002)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
01/09944 25 juillet 2001 (25.07.2001) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) [FR/FR]; 3, rue Michel Ange,
F-75016 Paris (FR). **C.I.R.T.E.M.** [FR/FR]; Voie l' Occi-
tane, La Pointe Bleue, Labege Innopole, 31319 Labege

Cedex (FR). **INSTITUT NATIONAL PLYTECHNIQUE DE TOULOUSE** [FR/FR]; 6 Allée Emile MONSO, Boîte Postale 4038, 31029 Toulouse Cedex 4 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **MEYNARD, Thierry** [FR/FR]; 24, rue du Grand Duc, F-31240 L'Union (FR). **LEFEUVRE, Elie** [FR/FR]; 8, Quai de la Tannerie, F-12100 Millau (FR).

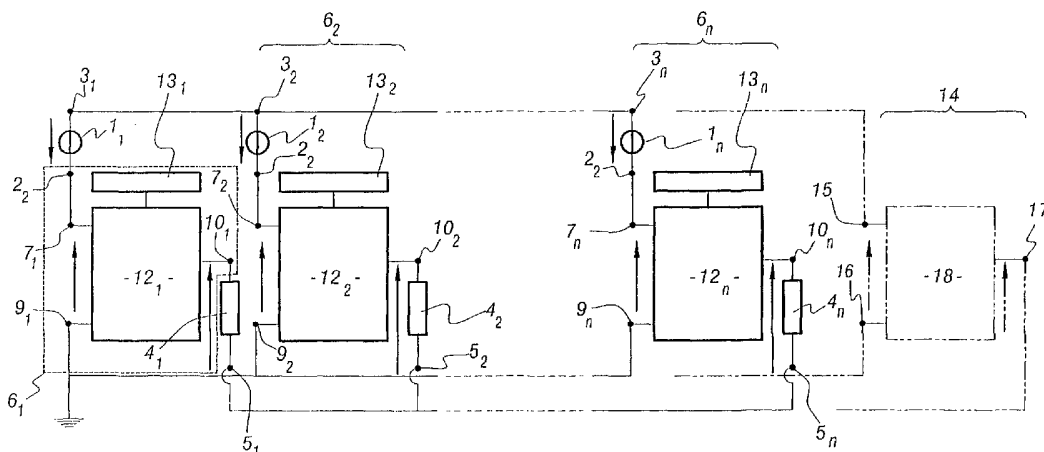
(74) Mandataires : **HABASQUE, Etienne** etc.; Cabinet Lavoix, 2, Place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ENERGY CONVERTING DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF DE CONVERSION D'ENERGIE



(57) Abstract: The invention concerns a device for reversible conversion of electric power capable of being connected between at least an input alternating voltage source (1₁ to 1_n) and at least a load (4₁ to 4_n) forming an output alternating current source (4₁ to 4_n), each input alternating voltage source (1₁ to 1_n) having a supply terminal (2₁ to 2_n) and a neutral terminal (3₁ to 3_n). Said device comprises at least a switching block (6₁ to 6_n) and includes an input terminal (7₁ to 7_n) where to can be connected the supply terminal (2₁ to 2_n) of the voltage source (1₁ to 1_n), a single reference terminal (9₁ to 9_n) and an output terminal (10₁ to 10_n). The or each switching block (6₁ to 6_n) consists of a switching matrix (12₁ to 12_n) formed of capacitors and switching cells, individually controlled by means controlling their operation. The or each reference terminal (9₁ to 9_n) is connected to a reference point other than said neutral terminal (3₁ to 3_n) of said source (1₁ to 1_n), and the or each block (6₁ to 6_n) comprises means for permanently maintaining at a constant or null sign the difference of potential between said first input terminal (7₁ to 7_n) and said reference terminal (9₁ to 9_n) of the or each switching block (6₁ to 6_n).

[Suite sur la page suivante]

WO 03/010875 A2



LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Ce dispositif de conversion réversible d'énergie électrique est connectable entre au moins une source de tension alternative d'entrée (1_1 à 1_n) et au moins une charge (4_1 à 4_n) formant source de courant alternatif de sortie (4_1 à 4_n), chaque source de tension alternative d'entrée (1_1 à 1_n) présentant une borne d'alimentation (2_1 à 2_n) et une borne de neutre (3_1 à 3_n). Ce dispositif comporte au moins un bloc de commutation (6_1 à 6_n) et comprend une borne d'entrée (7_1 à 7_n) à laquelle est connectable la borne d'alimentation (3_1 à 3_n) de la source de tension (1_1 à 1_n), une unique borne de référence (9_1 à 9_n) et une borne de sortie (10_1 à 10_n). Le ou chaque bloc de commutation (6_1 à 6_n) est constitué d'une matrice de commutation (12_1 à 12_n) formée de condensateurs et de cellules de commutation, contrôlées individuellement par des moyens de commande de leur fonctionnement. La ou chaque borne de référence (9_1 à 9_n) est connectée à un point de référence différent de ladite borne de neutre (3_1 à 3_n) de ladite source (1_1 à 1_n), et le ou chaque bloc (6_1 à 6_n) comporte des moyens de maintien permanent à un signe constant ou nul de la différence de potentiel entre ladite première borne d'entrée (7_1 à 7_n) et ladite borne de référence (9_1 à 9_n) du ou de chaque bloc de commutation (6_1 à 6_n).

Dispositif de conversion d'énergie.

La présente invention concerne un dispositif de conversion réversible d'énergie électrique à découpage entre une ou plusieurs sources de tension alternative et une ou plusieurs sources de courant alternatif.

Des solutions existantes, à base de contacteurs ou de thyristors et de transformateurs, permettent d'effectuer ce type de conversion.

Cependant, ces solutions ne permettent qu'un réglage discret, donc imprécis et leur réponse est lente.

De plus, ces solutions nécessitent des transformateurs à prises intermédiaires pour réaliser le réglage de la tension. Le coût de l'ensemble se trouve donc être élevé.

D'autres solutions pour réaliser des dispositifs de conversion d'énergie utilisent des associations de condensateurs et d'interrupteurs permettant de commuter le courant entre les différents condensateurs et ainsi de transformer le signal.

Une telle utilisation de condensateurs commutés pour procéder à une conversion d'un signal est une technique classique de l'électronique.

Un réseau de semi-conducteur faisant office d'interrupteurs et de condensateurs disposés en matrice entre une source de tension et une source de courant, est utilisé dans le dispositif décrit dans la demande de brevet français, déposée le 26 mai 2000, sous le n° 00 06 786 par la demanderesse.

Cependant, le dispositif décrit dans la demande de brevet français 00 06 786, ne permet pas d'effectuer une conversion entre une source de tension alternative et une source de courant alternatif.

Un dispositif effectuant théoriquement une conversion entre une source de tension alternative et une source de courant alternatif, est décrit dans l'article de D.-H.KWON, D.-D.MIN et J.-H.KIM, intitulé « Novel topologies of AC choppers », publié dans IEE Proceedings on Electr. Power Appl., pages 323-330, volume 143, n° 4 de juillet 1996.

Cependant, cet article décrit de manière purement théorique un cas particulier présentant trois sources de courant alternatif et fait abstraction de problèmes d'implantation pratiques des circuits électroniques de moyenne et forte puissances.

En particulier, il apparaît que les circuits électroniques de ce document, présentent des risques de surtension importants à faible puissance et critiques à haute puissance notamment supérieure à 750 kW.

5 L'invention vise à remédier à ce problème en permettant une conversion réversible d'énergie électrique entre une ou plusieurs sources de tension alternative et une ou plusieurs sources de courant alternatif, fiable pour toutes les puissances.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de conversion réversible d'énergie électrique connectable entre au moins une source de tension alternative d'entrée et au moins une charge formant source de courant alternatif de
10 sortie, chaque source de tension alternative d'entrée présentant une borne d'alimentation et une borne de neutre, le dispositif comportant au moins un bloc de commutation, adapté pour être associé à une source de courant alternatif de sortie et comportant une borne d'entrée à laquelle est connectable la borne d'alimentation de la source de tension alternative d'entrée, au moins une borne
15 de référence et une borne de sortie à laquelle est connectable ladite charge formant source de courant alternative de sortie, ledit bloc comportant également une matrice de commutation formée de condensateurs et de cellules de commutation, lesquelles cellules sont contrôlées individuellement par des moyens de
20 commande de leur fonctionnement, caractérisé en ce que le ou chaque bloc de commutation comporte une unique borne de référence qui est à un potentiel de référence différent du potentiel de ladite borne de neutre de ladite source et en ce qu'il comporte des moyens de maintien permanent, à un signe constant ou nul, de la différence de potentiel entre ladite borne d'entrée et ladite borne de réfé-
25 rence du ou de chaque bloc de commutation.

Suivant d'autres caractéristiques :

- la matrice du ou de chaque bloc comporte au moins un étage comportant au moins un rang de cellules de commutation, agencées à raison d'une seule cellule de commutation pour chaque étage d'un même rang, chaque cel-
30 lule de commutation étant composée de deux éléments formant interrupteur, le ou chaque étage définissant deux groupes d'interrupteurs reliés en série et ladite matrice de commutation définissant alors deux groupes extrêmes d'interrupteurs, chaque cellule de commutation étant associée à un condensateur dimensionné pour maintenir entre les bornes homologues des deux interrupteurs de chaque

cellule de commutation, une tension de charge égale à une fraction de la tension de la source de tension alternative d'entrée, décroissante en fonction de leur rang à partir de cette source, les condensateurs d'un même rang étant connectés en série entre les deux groupes extrêmes d'interrupteurs.

- 5 - tous les interrupteurs de chaque cellule de commutation sont unidirectionnels en tension et bidirectionnels en courant ;
- tous les interrupteurs de chaque cellule de commutation sont formés de composants électroniques qui sont unidirectionnels en tension et unidirectionnels en courant ;
- 10 - tous les interrupteurs de chaque cellule de commutation sont formés de composants électroniques tous identiques, et en ce que chaque interrupteur est constitué d'interrupteurs élémentaires identiques connectés en série dont le nombre est fonction de la tension maximale applicable entre ses bornes ;
- il comporte des moyens de pilotage des moyens de commande
- 15 comportant des moyens de traitement d'un signal de référence pour délivrer en sortie une pluralité de signaux secondaires de référence, et des moyens de transmission de chaque signal secondaire de référence à tous les moyens de commande des cellules de commutation d'un même étage de toutes les matrices de tous les blocs du dispositif ;
- 20 - lesdits moyens de traitement sont adaptés pour délivrer une pluralité de signaux secondaires de référence qui sont des fonctions affines par morceau du signal de référence, chaque signal secondaire de référence d'un étage étant à chaque instant de valeur supérieure ou égale à la valeur d'un signal secondaire de référence d'un étage plus proche de la source de tension ;
- 25 - lesdits moyens de pilotage comportent des moyens de génération d'un signal de synchronisation pour délivrer en sortie une pluralité de signaux secondaires de synchronisation, et des moyens de transmission de chaque signal secondaire de synchronisation à tous les moyens de commande des cellules de commutation d'un même rang de toutes les matrices de tous les blocs du
- 30 dispositif ;
- il comporte un unique bloc de commutation et est connectable à une seule source de tension alternative d'entrée dont ladite borne de neutre est accessible pour permettre une connexion et qui est associée à une seule charge formant source de courant alternatif de sortie, et en ce qu'il comprend en outre un

premier condensateur connectable entre ladite borne de neutre de ladite source et une borne de sortie de la charge et un second condensateur connectable entre la borne de référence dudit bloc de commutation et la borne de sortie de la charge ;

- 5 - il comporte un unique bloc de commutation et est connectable à une seule source de tension alternative d'entrée dont ladite borne de neutre est accessible pour permettre une connexion et qui est associée à une seule charge formant source de courant alternatif de sortie, et il comporte un bloc de décalage comportant une borne d'entrée adaptée pour être reliée à ladite borne de neutre
- 10 de ladite source, une borne de référence reliée à la borne de référence du bloc de commutation, et une borne de sortie connectable à la borne de sortie de la charge, ledit bloc de décalage permettant de modifier le potentiel de la borne de sortie connectable à une borne de sortie de la charge ;

- il comporte un premier et un second blocs de commutation et est
- 15 connectable à une seule source de tension alternative d'entrée dont ladite borne de neutre est accessible pour permettre une connexion et qui est associée à une seule charge formant source de courant alternatif de sortie, les bornes de référence des deux blocs de commutation étant reliées entre elles, le premier bloc de commutation étant adapté pour être connecté par sa borne d'entrée à la borne
- 20 d'alimentation de ladite source, le second bloc de commutation étant adapté pour être connecté par sa borne d'entrée à la borne de neutre de ladite source, ledit dispositif étant en outre adapté pour la connexion de ladite charge entre les bornes de sortie des deux blocs de commutation ;

- les moyens de maintien permanent, à un signe constant ou nul de la
- 25 différence de potentiel entre ladite borne d'entrée et ladite borne de référence comportent, associés au ou à chaque bloc de commutation, des moyens d'inhibition comportant des moyens d'évaluation du signe de la différence de potentiel entre ladite borne d'entrée et ladite borne de neutre de la source, adaptés pour délivrer en sortie un signal d'inhibition du bloc de commutation, et le ou cha-
- 30 que bloc de commutation est adapté pour relier ensemble sa borne d'entrée, sa borne de référence et sa borne de sortie, lors de la réception dudit signal d'inhibition ;

- lesdits moyens d'inhibition sont adaptés pour délivrer ledit signal d'inhibition lorsque la différence de potentiel entre ladite borne d'entrée et ladite

borne de neutre de la source est négative, la matrice de commutation étant en outre formée de composants électroniques orientés de sorte que ledit bloc de commutation supporte uniquement une tension positive ou nulle ;

- lesdits moyens d'inhibition sont adaptés pour délivrer ledit signal d'inhibition lorsque la différence de potentiel entre ladite borne d'entrée et ladite borne de neutre de la source est positive, la matrice de commutation étant en outre formée de composants électroniques orientés de sorte que ledit bloc de commutation supporte uniquement une tension négative ou nulle ;

- il est connectable à au moins deux sources de tension alternative d'entrée dont les bornes de neutre sont toutes reliées entre elles, associées au même nombre de charges formant sources de courant alternatif de sortie et dont des bornes de sortie sont également toutes reliées entre elles et il comporte une pluralité de blocs de commutation, les bornes de référence des blocs de commutation étant toutes reliées entre elles ;

- lesdites bornes de neutre desdites sources sont accessibles pour permettre une connexion, et il comporte un bloc de décalage comportant une borne d'entrée adaptée pour être reliée auxdites bornes de neutre, une borne de référence reliée à l'ensemble des bornes de référence des blocs de commutation et une borne de sortie connectable à l'ensemble des bornes de sortie des charges formant source de courant alternatif de sortie, ledit bloc de décalage permettant de modifier le potentiel de la borne de sortie connectable aux bornes de sortie des charges ;

- les moyens de maintien permanent, à un signe constant ou nul de la différence de potentiel entre ladite borne d'entrée et ladite borne de référence comportent, associés au ou à chaque bloc de commutation, des moyens d'inhibition comportant des moyens de comparaison de la différence de potentiel entre les bornes d'entrée et une borne de potentiel commun à tous lesdits blocs de commutation, telle que les bornes de neutre des sources, les bornes de sortie des charges ou les bornes de référence, adaptés pour délivrer en sortie des signaux d'inhibition des blocs de commutation et le ou chaque bloc de commutation est adapté pour relier ensemble sa borne d'entrée, sa borne de référence et sa borne de sortie, lors de la réception dudit signal d'inhibition ;

- lesdits moyens d'inhibition sont adaptés pour délivrer un signal d'inhibition uniquement au bloc dont la différence de potentiel entre les bornes

d'entrée et une borne de potentiel commun à tous lesdits blocs de commutation, telle que les bornes de neutre des sources, les bornes de sortie des charges ou les bornes de référence, est la plus faible, les matrices de commutation étant en outre formées de composants électroniques orientés de sorte que lesdits blocs supportent uniquement une tension positive ou nulle ;

- lesdits moyens d'inhibition sont adaptés pour délivrer un signal d'inhibition uniquement au bloc dont la différence de potentiel entre les bornes d'entrée et une borne de potentiel commun à tous lesdits blocs de commutation, telle que les bornes de neutre des sources, les bornes de sortie des charges ou les bornes de référence, est la plus grande, les matrices de commutation étant en outre formées de composants électroniques orientés de sorte que lesdits blocs supportent uniquement une tension négative ou nulle ;

- il est adapté pour être connecté à trois sources de tension alternative d'entrée formant les trois phases d'un réseau d'alimentation en énergie électrique triphasé ;

- chaque matrice de chaque bloc de commutation comporte un unique condensateur et une unique cellule de commutation.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins, sur lesquels :

- la Fig.1 est un schéma bloc de principe d'un dispositif de conversion selon l'invention ;

- la Fig.2 est un schéma électrique de principe d'un bloc de commutation ;

- les Figs.3, 4 et 5 sont des schémas blocs détaillant chacun la réalisation d'un dispositif selon l'invention, dans le cas particulier de la connexion à une unique source de tension alternative d'entrée ;

- la Fig.6 est un schéma bloc détaillant un dispositif de conversion d'énergie selon l'invention dans le cas particulier de trois sources de tension alternatives d'entrée ;

- les Figs.7 et 8 sont des schémas électriques de principe d'une matrice de commutation mise en œuvre dans l'invention dans le cas où elle comporte deux étages et deux rangs, détaillant en outre un ensemble de commande de ce dispositif ;

- la Fig.9 est une représentation de l'allure des signaux de référence du dispositif décrit en référence aux figures 6 à 8 ;

- la Fig.10 est une représentation de l'allure des signaux de commande du dispositif décrit en référence aux figures 6 à 8;

5 - la Fig.11 est une représentation de l'allure de la tension entre la borne d'entrée et la borne de référence d'un bloc de commutation du dispositif décrit en référence aux figures 6 à 8;

- la Fig.12 est une représentation de l'allure des tensions de sortie des blocs de commutation du dispositif décrit en référence aux figures 6 à 8; et

10 - la Fig.13 est une représentation de l'allure des courants de sortie des blocs de commutation du dispositif décrit en référence aux figures 6 à 8.

Sur la figure 1 est représenté un dispositif de conversion d'énergie selon l'invention.

15 Ce dispositif est connecté à une pluralité de sources de tension alternative d'entrée 1_1 à 1_n , constituées par exemple par les différentes phases d'un réseau d'alimentation polyphasé.

Les sources de tension alternative d'entrée 1_1 à 1_n sont toutes déphasées entre elles. Ainsi, si le système dispose de n sources de tension alternative d'entrée, elles sont déphasées les unes par rapport aux autres de $\frac{2\pi}{n}$.

20 Ces sources de tension alternative d'entrée 1_1 à 1_n comportent chacune une borne d'alimentation 2_1 à 2_n et une borne de neutre 3_1 à 3_n , lesquelles bornes de neutre 3_1 à 3_n peuvent être ou ne pas être accessibles. Elles sont associées à des charges 4_1 à 4_n par l'intermédiaire de blocs de commutation 6_1 à 6_n intégrés au dispositif de conversion d'énergie. Les charges 4_1 à 4_n sont des éléments dipolaires, constitués par exemple de résistances en série avec des induc-

25 tances, et font office de sources de courant. Elles présentent chacune une borne de sortie 5_1 à 5_n .

30 Chacun des blocs de commutation 6_1 à 6_n comporte une borne d'entrée 7_1 à 7_n connectée à la borne d'alimentation 2_1 à 2_n de la source de tension 1_1 à 1_n qui lui est associée.

Chacun des blocs 6_1 à 6_n comporte en outre une unique borne de référence 9_1 à 9_n et une borne de sortie 10_1 à 10_n . Il comprend également une matrice de commutation 12_1 à 12_n et des moyens d'inhibition 13_1 à 13_n associés,

adaptés pour relier ensemble la borne d'entrée 7_j , la borne de référence 9_j et la borne de sortie 10_j du bloc, inhibant ainsi le bloc considéré.

Dans le cas où le dispositif comporte au moins deux sources de tension alternative d'entrée 1_1 à 1_n , chacune associée à un bloc de commutation 6_1 à 6_n , les bornes de neutre 3_1 à 3_n des sources 1_1 à 1_n sont toutes reliées ensemble à un même potentiel.

Par exemple, ce potentiel est le neutre du réseau d'alimentation correspondant aux sources de tension alternative d'entrée 1_1 à 1_n .

De plus, les bornes de référence 9_1 à 9_n de tous les blocs de commutation 6_1 à 6_n sont reliées entre elles et constituent un potentiel de référence commun. Les bornes de sortie 5_1 à 5_n des charges 4_1 à 4_n sont également toutes reliées entre elles à un même potentiel.

Enfin, les moyens d'inhibition 13_1 à 13_n comportent des moyens de comparaison des tensions existantes entre les bornes d'entrée 7_1 à 7_n et une borne de potentiel commun pour tous les blocs 6_1 à 6_n telle que les bornes de référence 9_1 à 9_n , les bornes de sortie 5_1 à 5_n ou les bornes de neutre 3_1 à 3_n .

Sur la figure 1, ainsi que sur les autres figures, les moyens d'inhibition 13_1 à 13_n sont représentés délocalisés au niveau des blocs de commutation 6_1 à 6_n . Cependant, ces circuits peuvent également être regroupés en un circuit central d'inhibition comportant des moyens de comparaison uniques et contrôlant tous les blocs 6_1 à 6_n .

Dans le cas où les bornes de neutre 3_1 à 3_n sont accessibles, le dispositif de conversion comporte avantageusement un bloc de décalage 14 dont l'architecture est identique à celle des blocs de commutation sans toutefois être associé à une source de tension alternative d'entrée.

La borne d'entrée 15 est alors reliée à l'ensemble des bornes de neutre 3_1 à 3_n des sources 1_1 à 1_n .

Le bloc de décalage 14 comporte également une borne de référence 16 et une borne de sortie 17. Il est constitué d'une matrice de commutation 18 identique aux matrices 12_1 à 12_n des blocs de commutation 6_1 à 6_n .

La borne de référence 16 est reliée aux bornes de référence 9_1 à 9_n des blocs de commutation 6_1 à 6_n et la borne de sortie 17 est reliée aux bornes de sortie 5_1 à 5_n des charges 4_1 à 4_n , ainsi que cela est décrit en référence aux figures 2,7 et 8.

Le bloc de décalage 14 permet de décaler le potentiel des bornes de sortie 5_1 à 5_n de charges 4_1 à 4_n , ainsi que cela est décrit en référence aux figures 2, 7 et 8.

Le dispositif de conversion est ainsi adapté à la nature des charges 4_1 à 4_n .

Sur la figure 2 est représentée l'architecture d'une matrice de commutation 12_j , telle que celles utilisées dans l'invention.

Le bloc de commutation 6_j comporte une borne d'entrée 7_j à laquelle est connectée la borne d'alimentation 2_j d'une source de tension alternative 1_j , une borne de sortie 10_j et une borne de référence 9_j .

Le bloc de commutation 6_j comporte une matrice de commutation 12_j formée de condensateurs $20_{j,1,1}$ à $20_{j,n,p}$ et de cellules de commutation $22_{j,1,1}$ à $22_{j,n,p}$.

Chaque cellule de commutation $22_{j,i,k}$ est constituée de deux interrupteurs $24_{j,i,k}$ et $26_{j,i,k}$, et, est reliée pour son pilotage, à des moyens de contrôle $28_{j,i,k}$ qui lui sont spécifiques.

Dans ce dispositif, les interrupteurs sont unidirectionnels en tension et bidirectionnels en courant et les composants électroniques formant les interrupteurs $24_{j,i,k}$ et $26_{j,i,k}$ des cellules de commutation $22_{j,1,1}$ à $22_{j,n,p}$, sont unidirectionnels en courant et en tension, ainsi que cela est décrit en référence à la figure 8.

L'ensemble des condensateurs $20_{j,i,k}$ et des cellules de commutation $22_{j,i,k}$ formant la matrice 12_j est ordonné en n étages $30_{j,1}$ à $30_{j,n}$ et en p rangs $32_{j,1}$ à $32_{j,p}$.

Eventuellement, chaque matrice 12_j comporte un seul étage $30_{j,1,1}$ et un seul rang $32_{j,1,1}$. Dans ce cas, la matrice 12_j est constituée d'une seule cellule de commutation $22_{j,1,1}$ et d'un seul condensateur $20_{j,1,1}$.

Les n étages de la matrice 12_j définissent $n + 1$ groupes d'interrupteurs.

Le premier groupe d'interrupteurs est constitué des interrupteurs $24_{j,1,1}$ à $24_{j,1,p}$, des p cellules de commutation du premier étage, connectés en série. Le $(n+1)$ -ème groupe d'interrupteurs est constitué des interrupteurs $26_{j,n,1}$ à $26_{j,n,p}$, des p cellules de commutation du n -ème étage, connectés en série. Le i -ème groupe d'interrupteurs, avec $1 < i \leq n$, est constitué des interrupteurs $24_{j,i,1}$ à $24_{j,i,p}$, des p cellules de commutation du i -ème étage et des interrupteurs $26_{j,i-1,1}$ à $26_{j,i-1,p}$.

$1,p$, des p cellules de commutation du $(i-1)$ -ème étage, connectés alternativement en série.

Tous les groupes d'interrupteurs sont reliés par une de leurs extrémités à la borne de sortie 10_j du bloc de commutation 6_j .

5 La matrice 12_j du bloc de commutation 6_j définit en outre deux groupes extrêmes d'interrupteurs. Le premier est relié par une extrémité à la borne de sortie 10_j et par l'autre extrémité à la borne de référence 9_j . Le $(n+1)$ -ème est relié par une extrémité à la borne de sortie 10_j et par l'autre extrémité à la borne d'entrée 7_j .

10 Entre deux rangs successifs $32_{j,k}$ et $32_{j,k+1}$, n condensateurs de rang k , $20_{j,1,k}$ à $20_{j,n,k}$, sont connectés en série à raison de un par étage. Ainsi, au i -ème étage, le condensateur $20_{j,i,k}$ est connecté d'une part au i -ème groupe d'interrupteurs, d'autre part au $(i+1)$ -ème groupe d'interrupteurs.

15 Chaque condensateur $20_{j,i,k}$ est adapté pour maintenir entre ses bornes une tension de charge, fonction croissante de son rang k et représentant une fraction de la tension partielle de la source de tension 1_j .

L'ensemble des blocs de commutation 6_1 à 6_n mis en œuvre dans un dispositif de conversion selon l'invention, ainsi que le bloc de décalage 14, sont constitués de la même manière que le bloc de commutation 6_j décrit en référence
20 à la figure 2.

De plus, dans un même dispositif, tous les blocs de commutation 6_1 à 6_n comportent une matrice 12_1 à 12_n comportant le même nombre d'étages et de rangs et donc le même nombre de cellules de commutation et de condensateurs.

On va maintenant expliciter le fonctionnement d'un tel dispositif.

25 Chacun des blocs de commutation 6_1 à 6_n a deux modes de fonctionnement imposés par les moyens d'inhibition 13_1 à 13_n .

Dans un premier mode de fonctionnement, un bloc de commutation 6_j convertit le signal d'entrée en un signal de sortie de même nature et de même fréquence.

30 Dans ce premier mode de fonctionnement, les cellules de commutation $22_{j,i,k}$ des blocs de commutation 6_1 à 6_n sont commandées de manière à maintenir les deux interrupteurs de chaque cellule dans des états opposés.

La tension entre la borne d'entrée 7_j et la borne de référence 9_j est alors de signe constant. Son signe est déterminé par l'orientation des composants dans la matrice 12_j .

Par exemple, une certaine orientation des composants, décrite plus loin en référence à la figure 8, aboutit à une différence de potentiel entre la borne d'entrée 7_j et la borne de référence 9_j , constamment positive.

Dans ce cas, lorsque les moyens de comparaison des moyens d'inhibition 13_j détectent que la tension entre la borne d'entrée 7_j et une borne de potentiel commun à tous les blocs 6_1 à 6_n telle que la borne de neutre 3_1 à 3_n , la borne de sortie 5_1 à 5_n ou la borne de référence 9_1 à 9_n , est inférieure aux tensions entre les bornes d'entrée de tous les autres blocs du système, et la même borne de potentiel commun, les moyens d'inhibition 13_j délivrent au bloc de commutation 6_j un signal d'inhibition.

Le bloc de commutation bascule alors dans un second mode de fonctionnement, appelé « inhibition de bloc de commutation », l'ensemble des interrupteurs formant les cellules de commutation d'un bloc de commutation 6_j sont fermés court-circuitant ainsi la borne d'entrée 7_j , la borne de référence 9_j et la borne de sortie 10_j du bloc de commutation 6_j .

Dans le cas où l'orientation des composants impose une tension entre les bornes 7_j et 9_j constamment négative durant les phases de commutation, le critère d'inhibition s'inverse.

Du fait des conditions d'inhibition d'un bloc de commutation décrites précédemment, il ne peut y avoir qu'un bloc de commutation fonctionnant à la fois en mode d'inhibition sur l'ensemble des blocs de commutation 6_1 à 6_n du dispositif de conversion.

Dans le cas où le dispositif comporte un bloc de décalage, celui-ci fonctionne de la même manière qu'un bloc de commutation non inhibé.

Les sources de tension alternative d'entrée 1_1 à 1_n étant déphasées entre elles, chacun des blocs de commutation 6_1 à 6_n bascule en mode inhibé pendant une période de $\frac{2\pi}{n}$.

Dans un tel dispositif, la mise au même potentiel de toutes les bornes de référence 9_1 à 9_n et de toutes les bornes de neutre 3_1 à 3_n , les périodes d'inhibition commandées par les moyens d'inhibition et l'orientation des compo-

sants, assurent le maintien de la tension entre la borne d'entrée 7_1 à 7_n et la borne de référence 9_1 à 9_n de chacun des blocs de commutation, à un signe constant ou nul.

Ces tensions, appelées respectivement Vb_1 à Vb_n restent directement
5 liées aux tensions des sources 1_1 à 1_n appelées $V1_1$ à $V1_n$.

En effet, il apparaît qu'à tout moment, la relation $Vb_1 - Vb_3 = V1_1 - V1_3$ est vérifiée. Cette relation se vérifie pour tous les blocs par permutation circulaire.

De même, les tensions composées de sortie des blocs appelées $V10_1$ – $V10_j$ sont également sinusoïdales et génèrent dans les charges 4_1 à 4_n des
10 courants sinusoïdaux de même fréquence que les sources de tension alternative d'entrée 1_1 à 1_n et déphasés entre eux de $\frac{2\pi}{n}$.

Sur la figure 3 est définie l'architecture d'un dispositif selon l'invention connecté à une seule source de tension alternative d'entrée 1.

Le dispositif est connecté à une charge 4 associée à une source de
15 tension alternative d'entrée 1 dont la borne de neutre 3 est accessible et comprend un bloc de commutation 6.

Le bloc de commutation 6 comporte une borne d'entrée 7 connectée à la borne d'alimentation 2 de la source de tension alternative d'entrée 1. Il comporte en outre une borne de référence 9, une borne de sortie 10 reliée à la
20 charge 4 et une matrice de commutation 12 associée à des moyens d'inhibition 13.

Dans cette configuration, le dispositif comporte en outre un premier condensateur 20 connecté entre la borne de neutre 3 de la source 1 et la borne de sortie 5 de la charge 4 et un second condensateur 22 connecté entre la borne
25 de sortie 5 de la charge 4 et la borne de référence 9 du bloc de commutation 6.

On obtient ainsi un circuit adapté pour maintenir constamment une différence de potentiel entre le point de référence 9 du bloc de commutation 6 et la borne de neutre 3 de la source de tension alternative d'entrée 1.

De plus, dans cette configuration, les moyens d'inhibition 13 du bloc
30 de commutation 6 comportent des moyens d'évaluation du signe de la différence de potentiel entre la borne d'entrée 7 et la borne de neutre 3, ce qui correspond à la différence de potentiel aux bornes de la source 1.

Lorsque cette tension est d'un signe donné, soit par exemple positive ou nulle, le bloc 6 fonctionne en bloc de commutation. Si cette tension est de signe opposé, dans l'exemple négative, les moyens d'inhibition 13 commandent la matrice de commutation 12 de manière à ce que tous les interrupteurs soient
5 fermés court-circuitant ainsi la borne d'entrée 7, la borne de référence 9 et la borne de sortie 10, le bloc 6 bascule alors en mode inhibé.

Avantageusement, pour reconstituer l'intégralité d'un signal sinusoïdal, le circuit doit comporter des moyens de décalage du signal de la source de tension alternative d'entrée 1 afin que la tension d'entrée soit toujours positive ou
10 nulle.

Sur la figure 4, est représenté le cas d'un dispositif selon l'invention connecté à une seule source de tension alternative d'entrée 2 dont la borne de neutre 3 est accessible et comportant un bloc de décalage 14.

Ainsi que cela a été décrit en référence à la figure 3, le dispositif est
15 connecté à la source de tension alternative d'entrée 1 associée à la charge 4 servant de source de courant de sortie, et comporte le bloc de commutation 6.

Le bloc de commutation 6 comprend la matrice 12 associée aux moyens d'inhibition 13.

Le dispositif comporte en outre un bloc de décalage 14 disposant
20 d'une borne d'entrée 15 connectée à la borne de neutre 3 de la source 1, d'une borne de sortie 17 connectée à la borne 5 de sortie de la charge 4 et d'une borne de référence 16, connectée à la borne de référence 9 du bloc de commutation 6.

Le bloc de décalage 14 permet de modifier le potentiel de la borne de sortie 5 de la charge 4, ainsi que cela est décrit en référence aux figures 2, 7 et 8.

25 Sur la figure 5, est représentée une variante du cas d'un dispositif selon l'invention connecté à une seule source de tension alternative d'entrée 1 dont la borne de neutre 3 est accessible.

Dans le cas où le dispositif est connecté à une unique source de tension alternative d'entrée 1 dont les bornes d'alimentation 2 et de neutre 3 sont
30 accessibles, cette source alternative d'entrée 1 peut être considérée comme formée de deux sources alternatives 1_1 et 1_2 en opposition de phase.

Le dispositif comporte alors deux blocs de commutation 6_1 et 6_2 qui sont connectées aux deux sources virtuelles 1_1 et 1_2 de manière classique ainsi

que cela a été décrit en référence à la figure 1, la borne de neutre 3 faisant office de borne d'alimentation 2₂.

Le bloc de commutation 6₁ est associé à une charge 4₁ et le bloc de commutation 6₂ est associé à une charge 4₂. Ces deux charges 4₁ et 4₂ sont
5 connectées entre elles par leurs bornes de sortie 5₁ et 5₂.

Eventuellement, les deux charges 4₁ et 4₂ peuvent être remplacées par une unique charge 4 connectée entre les points de sortie 10₁ et 10₂ des blocs de commutation 6₁ et 6₂.

Un tel dispositif fonctionne de la même manière que le dispositif général décrit en référence à la figure 1.
10

Cependant, dans une telle configuration physique, on ne peut pas connecter un bloc de décalage.

Le fonctionnement d'un dispositif selon l'invention est décrit sur la base du cas particulier décrit en référence aux figures 6 à 8.

15 Sur la figure 6 est représenté un dispositif de conversion selon l'invention dans le cas particulier où il est connecté à trois sources de tension alternative d'entrée 1₁, 1₂ et 1₃ associées à trois charges 4₁, 4₂ et 4₃ par l'intermédiaire des blocs de commutation 6₁, 6₂ et 6₃.

Les trois sources de tension alternative d'entrée 1₁, 1₂ et 1₃ délivrent le
20 même signal alternatif sinusoïdal de fréquence f et sont décalées entre elles d'un écart temporel de $\frac{1}{3f}$. Elles présentent chacune une borne d'alimentation 2₁, 2₂ et 2₃ et une borne de neutre 3₁, 3₂ et 3₃ qui peut être accessible ou pas.

Par exemple, dans le cas d'un réseau d'alimentation triphasé, chacune des sources de tension alternative d'entrée représente une phase du réseau.

25 Chaque bloc de commutation 6₁, 6₂ et 6₃ comporte une borne d'entrée, 7₁, 7₂, et 7₃, une borne de référence 9₁, 9₂ et 9₃ et une borne de sortie 10₁, 10₂ et 10₃. Les bornes d'entrée 7₁, 7₂, et 7₃ sont reliées aux bornes d'alimentation 2₁, 2₂ et 2₃ et sont représentées par les mêmes références 7₁, 7₂, et 7₃.

Ils comprennent respectivement des matrices de commutation 12₁,
30 12₂ et 12₃ associées à des moyens d'inhibition 13₁, 13₂ et 13₃.

Dans un cas particulier, chaque matrice de commutation 12₁, 12₂ et 12₃ ne comporte qu'un étage et qu'un rang et de ce fait qu'une cellule de commutation associée à un unique condensateur.

Ainsi que cela a été défini en référence à la figure 1, les bornes de neutre 3_1 , 3_2 et 3_3 sont toutes connectées entre elles et définissent un neutre commun aux trois sources de tension alternative d'entrée 1_1 , 1_2 et 1_3 .

Les bornes de référence 9_1 , 9_2 et 9_3 sont connectées entre elles de même que les bornes de sortie 5_1 , 5_2 et 5_3 des charges 4_1 , 4_2 et 4_3 .

En référence aux figures 7 et 8 est décrit le détail du bloc de commutation 6_1 et de son système de commande.

La matrice 12_1 du bloc 6_1 comporte deux étages $30_{1,1}$ et $30_{1,2}$ et deux rangs $32_{1,1}$ et $32_{1,2}$. Elle comporte donc quatre cellules de commutation $22_{1,1,1}$, $22_{1,1,2}$, $22_{1,2,1}$ et $22_{1,2,2}$ associées aux quatre condensateurs $20_{1,1,1}$, $20_{1,1,2}$, $20_{1,2,1}$ et $20_{1,2,2}$ et commandées respectivement par quatre dispositifs de commande $28_{1,1,1}$, $28_{1,1,2}$, $28_{1,2,1}$ et $28_{1,2,2}$.

Le système de commande est constitué d'un module de synchronisation 34 qui comprend des moyens de génération 36 de signaux triangulaires alternatifs symétriques de fréquence F ainsi qu'un circuit retard 38, qui engendrent deux signaux Sd_1 et Sd_2 décalés d'un écart temporel égal à $\frac{1}{2F}$ et alimentant respectivement les dispositifs $28_{1,1,1}$, $28_{1,2,1}$ de commande du premier rang, et $28_{1,1,2}$, $28_{1,2,2}$ du deuxième rang.

Bien entendu, dans le cas où chaque matrice de commutation comporte p rangs, les signaux triangulaires issus du module de synchronisation 34, sont tous décalés d'un écart temporel de $\frac{1}{pF}$.

Ces signaux de synchronisation sont utilisés par tous les blocs de commutation du dispositif.

Dans le mode de réalisation décrit ici, la fréquence F est nettement supérieure à la fréquence f des sources de tension alternative 1_1 , 1_2 et 1_3 et est choisie pour représenter plus précisément un multiple de f par souci de simplicité.

Le dispositif comprend également un générateur de signal de pilotage 40 délivrant un signal de référence Sr continu variant entre 0 et 1 qui correspond au réglage de la quantité d'énergie à transférer entre la source de tension alternative d'entrée 6_1 et la source de courant 4_1 .

Ce signal de référence Sr est traité en sortie du générateur de pilotage 40 par deux modules de traitement respectifs 42 et 44 de premier et deuxième étage, pour fournir respectivement en sortie, deux signaux secondaires de réf-

rence Sr_1 et Sr_2 . Ces deux signaux Sr_1 et Sr_2 alimentent respectivement les dispositifs de commande $28_{1,1,1}$, $28_{1,1,2}$ du premier étage et $28_{1,2,1}$, $28_{1,2,2}$ du deuxième étage.

5 Ces signaux de commande secondaires sont utilisés par tous les blocs de commutation du dispositif.

Les quatre dispositifs de commande $28_{1,1,1}$ à $28_{1,2,2}$ sont synchronisés et délivrent des signaux de commande à une fréquence F , adaptés pour assurer en dehors des périodes d'inhibition du bloc 6_1 , les commutations à des états opposés des deux interrupteurs de chaque cellule.

10 Chaque dispositif de commande $28_{1,1,1}$ à $28_{1,2,2}$ comporte par exemple un comparateur dont l'état logique en sortie est le résultat de la comparaison de trois signaux, dont un est issu du module de synchronisation 34, un autre du générateur de pilotage 40, et un troisième des moyens d'inhibition 13_1 .

15 Le dispositif de commande $28_{1,i,k}$ fournit donc en sortie un signal de commande $Sc_{1,i,k}$ dont la valeur détermine l'état de la cellule de commutation $22_{1,i,k}$.

Ce signal de commande $Sc_{1,i,k}$ doit permettre de différencier les trois états d'une cellule de commutation, soit les deux états de commutation opposée des interrupteurs et l'état d'inhibition où les deux interrupteurs sont fermés.

20 Un exemple de réalisation d'un tel système de commande est décrit en référence à la figure 8.

Dans le mode de réalisation décrit, on remarque que les interrupteurs des groupes extrêmes sont susceptibles de supporter une tension double de celle supportée par les interrupteurs du groupe intermédiaire.

25 Avantageusement, les interrupteurs $24_{1,1,1}$, $24_{1,2,1}$, $26_{1,1,2}$ et $26_{1,2,2}$, des groupes extrêmes sont formés de deux interrupteurs élémentaires identiques 50 montés en série et commandés pour être dans le même état à tout instant. Chaque interrupteur élémentaire 50 est formé d'un transistor 52 monté avec une diode 54 en anti-parallèle. Ainsi, tous les composants électroniques formant les
30 interrupteurs d'un bloc de commutation sont identiques.

En outre, tous les composants électroniques formant les interrupteurs élémentaires 50 de tous les blocs de commutation d'un dispositif selon l'invention, sont unidirectionnels en courant et en tension.

Dans l'exemple décrit en référence à la figure 8, la tension entre la borne d'entrée 7_1 et la borne de référence 9_1 est toujours positive et nulle.

Dans le cas où l'on inverse tous les composants électroniques polarisés du dispositif, cette tension est négative ou nulle.

5 On va maintenant détailler une variante du système de commande au niveau des interrupteurs d'une cellule de commutation, et plus précisément de la cellule de commutation $22_{1,2,2}$.

Cette cellule comporte un premier interrupteur $24_{1,2,2}$ formé d'un unique interrupteur élémentaire 50 et un second interrupteur $26_{1,2,2}$ formé de deux
10 interrupteurs élémentaires 50. Elle est commandée par le dispositif de commande $28_{1,2,2}$.

Ce dispositif de commande $28_{1,2,2}$ génère un signal de commande $Sc_{1,2,2}$ et, est connecté en sortie directement à une première porte OU logique et, par l'intermédiaire d'un inverseur, à une seconde porte OU logique.

15 Les deux portes OU sont en outre connectées aux moyens d'inhibition 13_1 et reçoivent le signal In_1 .

La première porte OU est reliée en sortie aux deux interrupteurs élémentaires constituant l'interrupteur $26_{1,2,2}$, afin de délivrer le signal de commande $Sc_{26_{1,2,2}}$ obtenu pour une opération de OU logique entre les signaux $Sc_{1,2,2}$ et In_1 .

20 La seconde porte OU est reliée en sortie à l'interrupteur $24_{1,2,2}$ afin de délivrer le signal de commande $Sc_{24_{1,2,2}}$ obtenu par une opération de OU logique entre les signaux $\overline{Sc_{1,2,2}}$ et In_1 .

Il apparaît donc que lorsque le signal d'inhibition In_1 vaut 0, les signaux de commande $Sc_{24_{1,2,2}}$ et $Sc_{26_{1,2,2}}$ sont complémentaires, ce qui permet
25 d'assurer une commutation à des états opposés des deux interrupteurs formant la cellule $22_{1,2,2}$.

Lorsque le signal In_1 vaut 1, les deux signaux de commande $Sc_{24_{1,2,2}}$ et $Sc_{26_{1,2,2}}$ valent 1, ce qui correspond à la fermeture des interrupteurs $24_{1,2,2}$ et $26_{1,2,2}$. La cellule $22_{1,2,2}$ est alors inhibée.

30 Les autres cellules du dispositif sont commandées de manière analogue.

Dans un autre exemple, les signaux de commande sont constitués d'une commande numérique codée sur deux bits.

Ainsi, lorsque le signal d'inhibition In_1 vaut 0 le signal de commande $Sc_{1,i,k}$ vaut 01 ou 00. Dans le cas où il vaut 01, l'interrupteur $24_{1,i,k}$ de la cellule de commutation $22_{1,i,k}$ est bloqué et l'interrupteur $26_{1,i,k}$ de cette même cellule est passant. Inversement, lorsque le signal de commande $Sc_{1,i,k}$ vaut 00, l'interrupteur $24_{1,i,k}$ de la cellule de commutation $22_{1,i,k}$ est passant et l'interrupteur $26_{1,i,k}$ de cette même cellule est bloqué.

Enfin, en cas d'inhibition du bloc de commutation 6_1 , le signal d'inhibition In_1 vaut 1, le signal $Sc_{1,i,k}$ vaut 11 ou 10, et tous les interrupteurs des cellules de commutation $22_{1,1,1}$ à $22_{1,2,2}$ sont fermés.

Dans le cas où le dispositif comporte un bloc de décalage, il est commandé de la même manière qu'un bloc de commutation en l'absence du signal d'inhibition. Tous les interrupteurs sont donc commandés en des commutations opposées.

La commande simultanée des deux interrupteurs d'une même cellule ne sera pas davantage décrite par la suite, étant considérée comme connue de l'état de la technique.

Comme cela apparaît en référence à la figure 9, le signal Sr_1 destiné aux dispositifs de commande du premier étage $30_{1,1}$, vaut $2x Sr$ entre 0 et $\frac{1}{2}$ et est fixé à 1 entre $\frac{1}{2}$ et 1. Le signal Sr_2 destiné aux dispositifs de commande du second étage $30_{1,2}$ vaut 0 jusqu'à $\frac{1}{2}$ puis $2x Sr$ entre $\frac{1}{2}$ et 1.

Dans le cas où les matrices 12_1 à 12_3 des blocs de commutation 6_1 à 6_3 comportent trois étages, il convient de déterminer trois signaux de commande secondaires. Le premier vaut $3x Sr$ entre 0 et $\frac{1}{3}$ puis étant fixé à 1, le second vaut 0 avant $\frac{1}{3}$, $3x Sr$ entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{2}{3}$ et 1 après $\frac{2}{3}$ et le troisième vaut 0 avant $\frac{2}{3}$ et $3x Sr$ entre $\frac{2}{3}$ et 1. De manière générale, un dispositif comportant n étage présente n signaux Sr_1 à Sr_n .

Par exemple, dans le dispositif décrit en référence aux figures 6 à 9, si le signal Sr vaut 0,25, le signal Sr_1 vaut 0,5 et le signal Sr_2 est nul.

La figure 10 représente d'une part l'allure des trois signaux Sr_1 , Sd_1 et In_1 fournis en entrée du dispositif de commande $28_{1,1,1}$ et d'autre part l'allure du signal de commande $Sc_{26_{1,1,1}}$ fourni par le dispositif de commande $28_{1,1,1}$, vers l'interrupteur $26_{1,1,1}$ en fonction des signaux reçus en entrée.

Le signal de commande $Sc_{24_{1,1,1}}$ adressé à l'interrupteur $24_{1,1,1}$ n'est pas représenté.

Le signal Sd_1 est un signal triangulaire d'amplitude variant entre 0 et 1 et de fréquence F valant ici $20f$.

Pour le premier rang du premier étage, lorsque le signal d'inhibition In_1 est nul, le signal $Sc_{26_{1,1,1}}$ est un signal en créneau, de valeur nulle lorsque la relation $Sd_1 > Sr_1$ est vérifiée et, de valeur unité lorsque la relation $Sd_1 < Sr_1$ est vérifiée ainsi que cela est représenté en référence à la figure 10.

Ce signal et le signal $Sc_{24_{1,1,1}}$ sont complémentaires et engendrent la commutation à des états opposés des interrupteurs de la cellule de commutation $22_{1,1,1}$.

Lorsque le signal In_1 vaut 1, les signaux $Sc_{24_{1,1,1}}$ et $Sc_{26_{1,1,1}}$ sont fixés à 1 et tous les interrupteurs de la cellule de commutation $22_{1,1,1}$ sont fermés.

L'ensemble des cellules de la matrice de commutation reçoit le même signal d'inhibition In_1 , tous les interrupteurs sont donc fermés. Le bloc est alors en mode d'inhibition.

Pour le premier rang du second étage, dans l'exemple choisi avec $Sr = 0,25$, le signal Sr_2 est nul. De fait, lorsque In_1 est nul, Sr_2 étant inférieur à Sd_1 , le signal $Sc_{1,2,1}$ vaut zéro. La cellule de commutation $22_{1,2,1}$ est dans un état fixe. L'interrupteur $26_{1,2,1}$ étant ouvert et l'interrupteur $24_{1,2,1}$ étant fermé.

Lorsque In_1 vaut 1, le bloc de commutation 6 est inhibé, les signaux $Sc_{24_{1,2,1}}$ et $Sc_{26_{1,2,1}}$ sont fixés à 1 et tous les interrupteurs sont fermés.

Pour le second rang du dispositif, le signal Sd_2 est un signal triangulaire d'amplitude variant entre 0 et 1 et de fréquence F , décalé d'un écart temporel égal à $\frac{1}{2F}$ par rapport au signal Sd_1 . Les signaux $Sc_{1,1,2}$ et $Sc_{1,2,2}$ sont alors des signaux en créneau, décalés d'un écart temporel égal à $\frac{1}{2F}$ par rapport aux signaux $Sc_{1,1,1}$ et $Sc_{1,2,1}$.

Par ailleurs, le signal d'inhibition In_1 est commun à toutes les cellules du bloc. De ce fait, les différents rangs d'un même étage se comportent de manière analogue en présentant un écart temporel de $\frac{1}{2F}$.

Sur la figure 11 est représenté la tension d'entrée d'un des blocs de commutation du dispositif décrit en référence aux figures 6 à 10.

La tension Vb_1 correspond à la différence de potentiel entre la borne d'entrée 7_1 du bloc de commutation 6_1 et la borne de référence 9_1 .

Il apparaît que, bien que la source de tension 1_1 associée au bloc 6_1 soit une source alternative sinusoïdale, la tension V_{b1} a une forme particulière du fait des variations du potentiel de la borne de référence 9_1 et de la période d'inhibition du bloc de commutation 6_1 .

5 Elle présente une partie positive avec une double courbure sur une période de $2/3 f$ et une partie nulle sur une période de $1/3 f$ correspondant à la période d'inhibition du bloc 6_1 .

Les tensions V_{b2} et V_{b3} ont la même forme que la tension V_{b1} tout en étant décalée entre elles d'un tiers de période.

10 En effet, chacun des blocs de commutation $6_1, 6_2$ et 6_3 est inhibé pendant un tiers de la période correspondant à la fréquence f des sources de tension alternative d'entrée $1_1, 1_2$ et 1_3 .

De plus, les trois sources de tension $1_1, 1_2$ et 1_3 sont décalées entre elles d'un tiers de période.

15 En référence à la figure 12 sont représentées les tensions de sortie des blocs de commutation $6_1, 6_2$ et 6_3 .

Ces tensions de sortie V_{s1}, V_{s2} et V_{s3} correspondent à la différence de potentiel entre les bornes de sortie $10_1, 10_2$ et 10_3 des blocs de commutation $6_1, 6_2$ et 6_3 et leurs bornes de référence $9_1, 9_2$ et 9_3 .

20 Elles présentent une enveloppe correspondant à la forme générale des tensions d'entrée V_{b1}, V_{b2} et V_{b3} modulées à la fréquence F des moyens de commande.

La représentation faite à la figure 12 est symbolique et le rapport 20 entre les fréquences f et F n'est pas respecté.

25 En référence à la figure 13 sont représentés les courants de charge apparaissant dans les charges $4_1, 4_2$ et 4_3 .

Il apparaît que les courants de charge I_{41}, I_{42} et I_{43} imposés par les tensions composées $V_{s1}-V_{s2}, V_{s2}-V_{s3}$ et $V_{s3}-V_{s1}$, sont sinusoïdaux et de même fréquence f que les sources de tension alternative d'entrée $1_1, 1_2$ et 1_3 .

30 L'intensité de ces courants est fixée de manière continue par la détermination du signal de commande S_r .

Il apparaît clairement qu'un dispositif de conversion d'énergie électrique selon l'invention présente l'avantage, de par le fait que la tension d'entrée des blocs de commutation est toujours de même signe ou nulle, de pouvoir utili-

ser des composants électroniques moins coûteux et moins encombrants que les dispositifs existants.

De plus, les composants électroniques mis en œuvre dans l'invention sont soumis à des contraintes en tension moins importantes que ceux des dispositifs existants.

Un tel dispositif est donc apte à effectuer une conversion d'énergie électrique de moyenne ou forte puissance entre une ou plusieurs sources de tension alternative d'entrée et une ou plusieurs sources de courant alternatif, en utilisant des éléments de faible coût, un réglage rapide, continu et fiable.

De plus, des filtres classiques sont disposés sur chacune des sources de tension alternative d'entrée et sur chacune des sources de courant de sortie.

REVENDECATIONS

1. Dispositif de conversion réversible d'énergie électrique connectable entre au moins une source de tension alternative d'entrée (1_1 à 1_n) et au moins une charge (4_1 à 4_n) formant source de courant alternatif de sortie (4_1 à 4_n), chaque source de tension alternative d'entrée (1_1 à 1_n) présentant une borne d'alimentation (2_1 à 2_n) et une borne de neutre (3_1 à 3_n), le dispositif comportant au moins un bloc de commutation (6_1 à 6_n), adapté pour être associé à une source de courant alternatif de sortie (4_1 à 4_n) et comportant une borne d'entrée (7_1 à 7_n) à laquelle est connectable la borne d'alimentation (2_1 à 2_n) de la source de tension alternative d'entrée (1_1 à 1_n), au moins une borne de référence (9_1 à 9_n) et une borne de sortie (10_1 à 10_n) à laquelle est connectable ladite charge (4_1 à 4_n) formant source de courant alternative de sortie, ledit bloc (6_1 à 6_n) comportant également une matrice de commutation (12_1 à 12_n) formée de condensateurs ($20_{j,i,k}$) et de cellules de commutation ($22_{j,i,k}$), lesquelles cellules sont contrôlées individuellement par des moyens ($28_{j,i,k}$) de commande de leur fonctionnement, caractérisé en ce que le ou chaque bloc de commutation (6_1 à 6_n) comporte une unique borne de référence (9_1 à 9_n) qui est à un potentiel de référence différent du potentiel de ladite borne de neutre (3_1 à 3_n) de ladite source (1_1 à 1_n), et en ce qu'il comporte des moyens (13_1 à 13_n , 50) de maintien permanent, à un signe constant ou nul, de la différence de potentiel entre ladite borne d'entrée (7_1 à 7_n) et ladite borne de référence (9_1 à 9_n) du ou de chaque bloc de commutation (6_1 à 6_n).

2. Dispositif de conversion selon la revendication 1, caractérisé en ce que la matrice (12_1 à 12_n) du ou de chaque bloc (6_1 à 6_n) comporte au moins un étage ($30_{j,1}$ à $30_{j,n}$) comportant au moins un rang ($32_{j,1}$ à $32_{j,p}$) de cellules de commutation ($22_{j,i,k}$), agencées à raison d'une seule cellule de commutation ($22_{j,i,k}$) pour chaque étage ($32_{j,1}$ à $32_{j,p}$) d'un même rang ($30_{j,1}$ à $30_{j,n}$), chaque cellule de commutation ($22_{j,i,k}$) étant composée de deux éléments formant interrupteur ($24_{j,i,k}$, $26_{j,i,k}$), le ou chaque étage ($30_{j,1}$ à $30_{j,n}$) définissant deux groupes d'interrupteurs reliés en série et ladite matrice de commutation (12_1 à 12_n) définissant alors deux groupes extrêmes d'interrupteurs, chaque cellule de commutation ($22_{j,i,k}$) étant associée à un condensateur ($20_{j,1,k}$) dimensionné pour maintenir entre les bornes homologues des deux interrupteurs ($24_{j,i,k}$, $26_{j,i,k}$) de chaque cellule de commutation ($22_{j,i,k}$), une tension de charge égale à une fraction de la ten-

sion de la source de tension alternative d'entrée (1_1 à 1_n), décroissante en fonction de leur rang à partir de cette source, les condensateurs ($20_{j,i,k}$) d'un même rang ($32_{j,1}$ à $32_{j,p}$) étant connectés en série entre les deux groupes extrêmes d'interrupteurs.

5 3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que tous les interrupteurs ($24_{j,i,k}$, $26_{j,i,k}$) de chaque cellule de commutation ($22_{j,i,k}$) sont unidirectionnels en tension et bidirectionnels en courant.

10 4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que tous les interrupteurs ($24_{j,i,k}$, $26_{j,i,k}$) de chaque cellule de commutation ($22_{j,i,k}$) sont formés de composants électroniques (52, 54) qui sont unidirectionnels en tension et unidirectionnels en courant.

15 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que tous les interrupteurs ($24_{j,i,k}$, $26_{j,i,k}$) de chaque cellule de commutation ($22_{j,i,k}$) sont formés de composants électroniques (52, 54) tous identiques, et en ce que chaque interrupteur est constitué d'interrupteurs élémentaires identiques (50) connectés en série dont le nombre est fonction de la tension maximale applicable entre ses bornes.

20 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (34, 40, 42, 44) de pilotage des moyens de commande ($28_{j,i,k}$) comportant des moyens de traitement (42, 44) d'un signal de référence (S_r) pour délivrer en sortie une pluralité de signaux secondaires de référence (S_{r_1} à S_{r_n}), et des moyens de transmission de chaque signal secondaire de référence à tous les moyens de commande ($28_{j,i,k}$) des cellules de commutation d'un même étage de toutes les matrices (12_1 à 12_n) de tous les blocs (6_1 à 6_n) du dispositif.

25 7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits moyens de traitement (42, 44) sont adaptés pour délivrer une pluralité de signaux secondaires de référence (S_{r_1} à S_{r_n}) qui sont des fonctions affines par morceau du signal de référence (S_r), chaque signal secondaire de référence (S_{r_1} à S_{r_n}) d'un étage ($30_{j,k}$) étant à chaque instant de valeur supérieure ou égale à la valeur d'un signal secondaire de référence d'un étage plus proche de la source de tension (1_1 à 1_n).

8. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits moyens de pilotage (34, 40, 42, 44) comportent des moyens de génération d'un

signal de synchronisation (34) pour délivrer en sortie une pluralité de signaux secondaires de synchronisation (Sd_1 à Sd_p), et des moyens de transmission de chaque signal secondaire de synchronisation (Sd_1 à Sd_p) à tous les moyens de commande ($28_{j,i,k}$) des cellules de commutation d'un même rang de toutes les matrices (12_1 à 12_n) de tous les blocs (6_1 à 6_n) du dispositif.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte un unique bloc de commutation (6) et est connectable à une seule source de tension alternative d'entrée (1) dont ladite borne de neutre (3) est accessible pour permettre une connexion et qui est associée à une seule charge (4) formant source de courant alternatif de sortie, et en ce qu'il comprend en outre un premier condensateur (20) connectable entre ladite borne de neutre (3) de ladite source (1) et une borne de sortie (5) de la charge (4) et un second condensateur (22) connectable entre la borne de référence (9) dudit bloc de commutation (6) et la borne de sortie (5) de la charge (4).

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte un unique bloc de commutation (6) et est connectable à une seule source de tension alternative d'entrée (1) dont ladite borne de neutre (3) est accessible pour permettre une connexion et qui est associée à une seule charge (4) formant source de courant alternatif de sortie, et en ce qu'il comporte un bloc de décalage (14) comportant une borne d'entrée (15) adaptée pour être reliée à ladite borne de neutre (3) de ladite source (1), une borne de référence (16) reliée à la borne de référence (9) du bloc de commutation (6), et une borne de sortie (17) connectable à la borne de sortie (5) de la charge (4), ledit bloc de décalage (14) permettant de modifier le potentiel de la borne de sortie (17) connectable à une borne de sortie (5) de la charge (4).

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte un premier et un second blocs de commutation (6_1 , 6_2) et est connectable à une seule source de tension alternative d'entrée (1) dont ladite borne de neutre (3) est accessible pour permettre une connexion et qui est associée à une seule charge (4) formant source de courant alternatif de sortie, les bornes de référence des deux blocs de commutation (6_1 , 6_2) étant reliées entre elles, le premier bloc de commutation (6_1) étant adapté pour être connecté par sa borne d'entrée (7_1) à la borne d'alimentation (2) de ladite source (1), le second bloc de commutation (6_2) étant adapté pour être connecté par sa borne d'entrée

(7₂) à la borne de neutre (3) de ladite source (1), ledit dispositif étant en outre adapté pour la connexion de ladite charge (4) entre les bornes de sortie (10₁, 10₂) des deux blocs de commutation.

5 12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que les moyens de maintien permanent, à un signe constant ou nul de la différence de potentiel entre la dite borne d'entrée (7 ; 7₁, 7₂) et ladite borne de référence (9 ; 9₁, 9₂) comportent, associés au ou à chaque bloc de commutation (6 ; 6₁, 6₂), des moyens d'inhibition (13 ; 13₁, 13₂) comportant des moyens d'évaluation du signe de la différence de potentiel entre ladite borne d'entrée (7)
10 et ladite borne de neutre (3) de la source (1), adaptés pour délivrer en sortie un signal d'inhibition du bloc de commutation (6), et en ce que le ou chaque bloc de commutation (6 ; 6₁, 6₂) est adapté pour relier ensemble sa borne d'entrée (7 ; 7₁, 7₂), sa borne de référence (9 ; 9₁, 9₂) et sa borne de sortie (10 ; 10₁, 10₂), lors de la réception dudit signal d'inhibition.

15 13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que lesdits moyens d'inhibition (13) sont adaptés pour délivrer ledit signal d'inhibition lorsque la différence de potentiel entre ladite borne d'entrée (7) et ladite borne de neutre (3) de la source (1) est négative, la matrice de commutation (12) étant en outre formée de composants électroniques (52, 54) orientés de sorte que ledit bloc de
20 commutation supporte uniquement une tension positive ou nulle.

14. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que lesdits moyens d'inhibition (13) sont adaptés pour délivrer ledit signal d'inhibition lorsque la différence de potentiel entre ladite borne d'entrée (7) et ladite borne de neutre (3) de la source (1) est positive, la matrice de commutation (12) étant en outre
25 formée de composants électroniques (52, 54) orientés de sorte que ledit bloc de commutation supporte uniquement une tension négative ou nulle.

15. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il est connectable à au moins deux sources de tension alternative d'entrée (1₁ à 1_n) dont les bornes de neutre (3₁ à 3_n) sont toutes reliées entre elles, associées
30 au même nombre de charges (4₁ à 4_n) formant sources de courant alternatif de sortie et dont des bornes de sortie (5₁ à 5_n) sont également toutes reliées entre elles et en ce qu'il comporte une pluralité de blocs de commutation (6₁ à 6_n), les bornes de référence (9₁ à 9_n) des blocs de commutation (6₁ à 6_n) étant toutes reliées entre elles.

16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que lesdites bornes de neutre (3_1 à 3_n) desdites sources (1_1 à 1_n) sont accessibles pour permettre une connexion, et en ce qu'il comporte un bloc de décalage (14) comportant une borne d'entrée (15) adaptée pour être reliée auxdites bornes de neutre (3_1 à 3_n), une borne de référence (16) reliée à l'ensemble des bornes de référence (9_1 à 9_n) des blocs de commutation (6_1 à 6_n) et une borne de sortie (17) connectable à l'ensemble des bornes de sortie (5_1 à 5_n) des charges (4_1 à 4_n) formant source de courant alternatif de sortie, ledit bloc de décalage (14) permettant de modifier le potentiel de la borne de sortie (17) connectable aux bornes de sortie (5_1 à 5_n) des charges (4_1 à 4_n).

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 15 et 16, caractérisé en ce que les moyens de maintien permanent, à un signe constant ou nul de la différence de potentiel entre la dite borne d'entrée (7_1 à 7_n) et ladite borne de référence (9_1 à 9_n) comportent, associés au ou à chaque bloc de commutation (6_1 à 6_n), des moyens d'inhibition (13_1 à 13_n) comportant des moyens de comparaison de la différence de potentiel entre les bornes d'entrée (7_1 à 7_n) et une borne de potentiel commun à tous lesdits blocs de commutation (6_1 à 6_n), telle que les bornes de neutre (3_1 à 3_n) des sources (1_1 à 1_n), les bornes de sortie (5_1 à 5_n) des charges (4_1 à 4_n) ou les bornes de référence (9_1 à 9_n), adaptés pour délivrer en sortie des signaux d'inhibition des blocs de commutation (6_1 à 6_n) et en ce que le ou chaque bloc de commutation (6_1 à 6_n) est adapté pour relier ensemble sa borne d'entrée (7_1 à 7_n), sa borne de référence (9_1 à 9_n) et sa borne de sortie (10_1 à 10_n), lors de la réception dudit signal d'inhibition.

18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce que lesdits moyens d'inhibition (13_1 à 13_n) sont adaptés pour délivrer un signal d'inhibition uniquement au bloc dont la différence de potentiel entre les bornes d'entrée (7_1 à 7_n) et une borne de potentiel commun à tous lesdits blocs de commutation (6_1 à 6_n), telle que les bornes de neutre (3_1 à 3_n) des sources (1_1 à 1_n), les bornes de sortie (5_1 à 5_n) des charges (4_1 à 4_n) ou les bornes de référence (9_1 à 9_n), est la plus faible, les matrices de commutation (12_1 à 12_n) étant en outre formées de composants électroniques (52, 54) orientés de sorte que lesdits blocs (6_1 à 6_n) supportent uniquement une tension positive ou nulle.

19. Dispositif selon la revendication 18, caractérisé en ce que lesdits moyens d'inhibition (13_1 à 13_n) sont adaptés pour délivrer un signal d'inhibition

uniquement au bloc dont la différence de potentiel entre les bornes d'entrée (7_1 à 7_n) et une borne de potentiel commun à tous lesdits blocs de commutation (6_1 à 6_n), telle que les bornes de neutre (3_1 à 3_n) des sources (1_1 à 1_n), les bornes de sortie (5_1 à 5_n) des charges (4_1 à 4_n) ou les bornes de référence (9_1 à 9_n), est la plus grande, les matrices de commutation (12_1 à 12_n) étant en outre formées de composants électroniques (52, 54) orientés de sorte que lesdits blocs (6_1 à 6_n) supportent uniquement une tension négative ou nulle.

20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est adapté pour être connecté à trois sources de tension alternative d'entrée (1_1 à 1_3) formant les trois phases d'un réseau d'alimentation en énergie électrique triphasé.

21. Dispositif selon la revendication 20, caractérisé en ce que chaque matrice (12_1 , 12_2 et 12_3) de chaque bloc de commutation ($6_1, 6_2, 6_3$) comporte un unique condensateur ($20_{j,i,k}$) et une unique cellule de commutation ($22_{j,i,k}$).

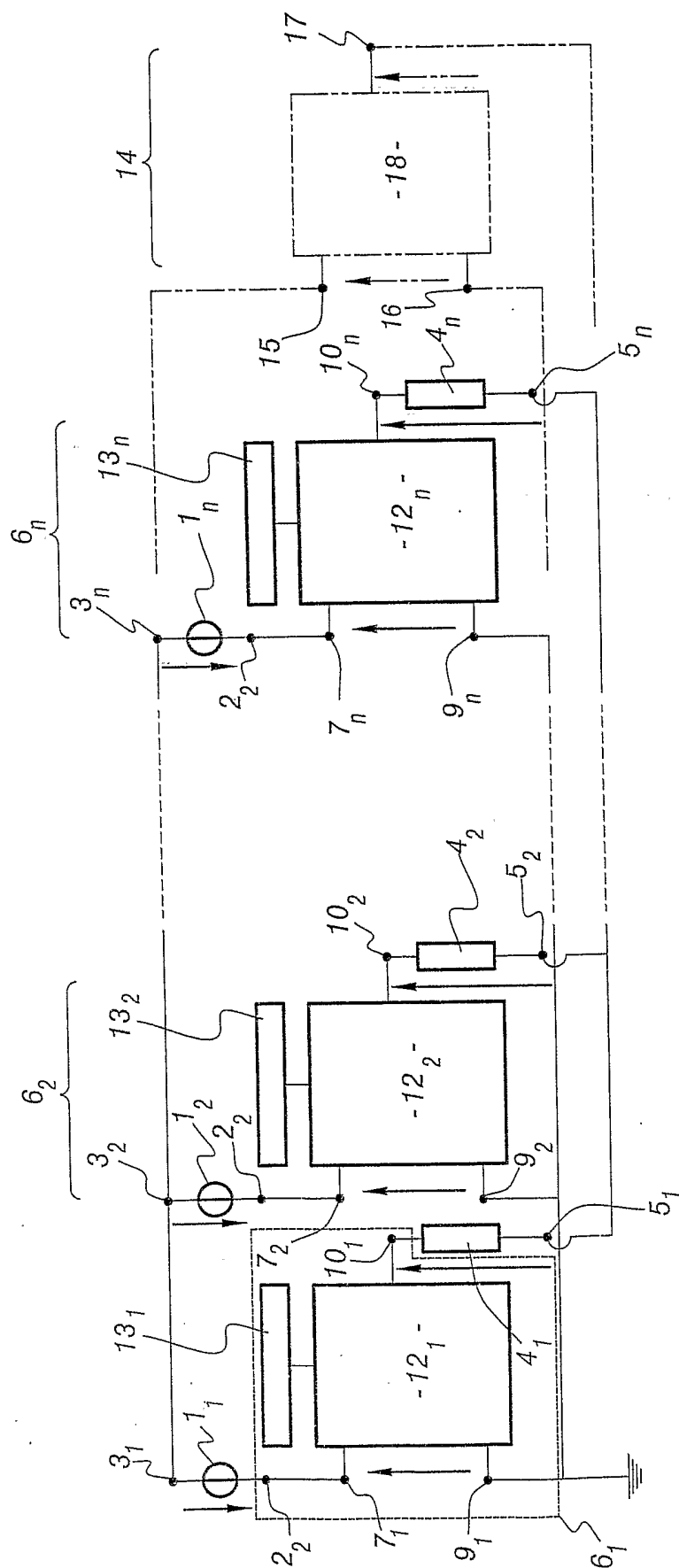


FIG.1

2/8

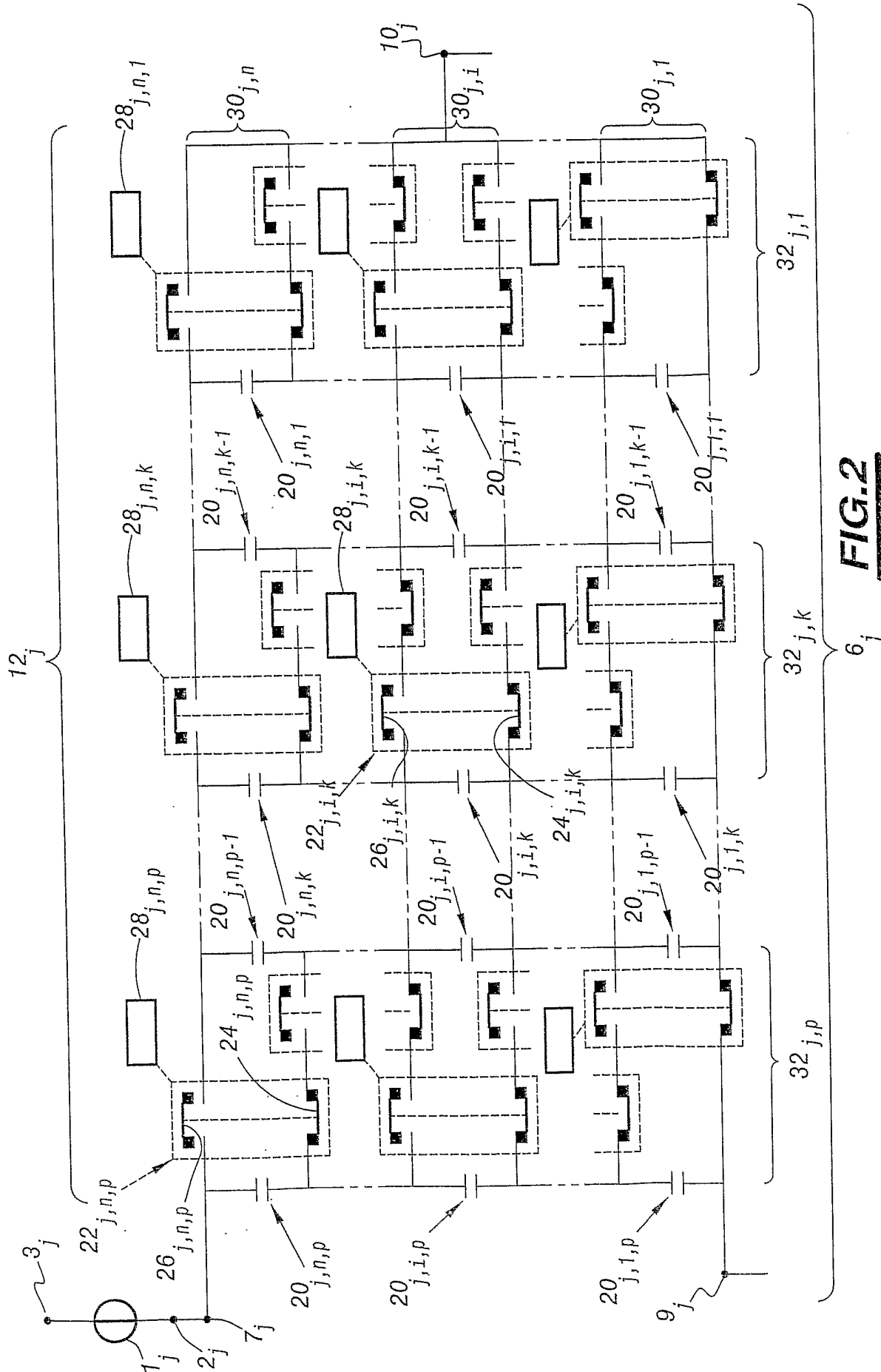


FIG.2

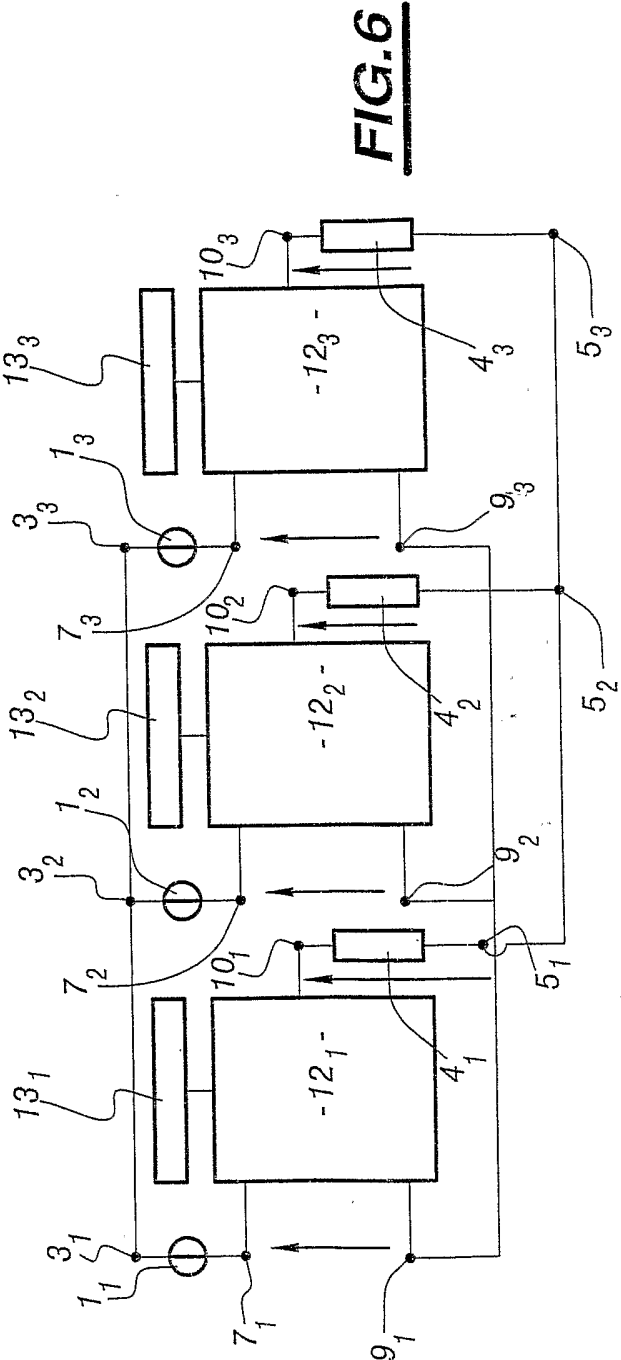
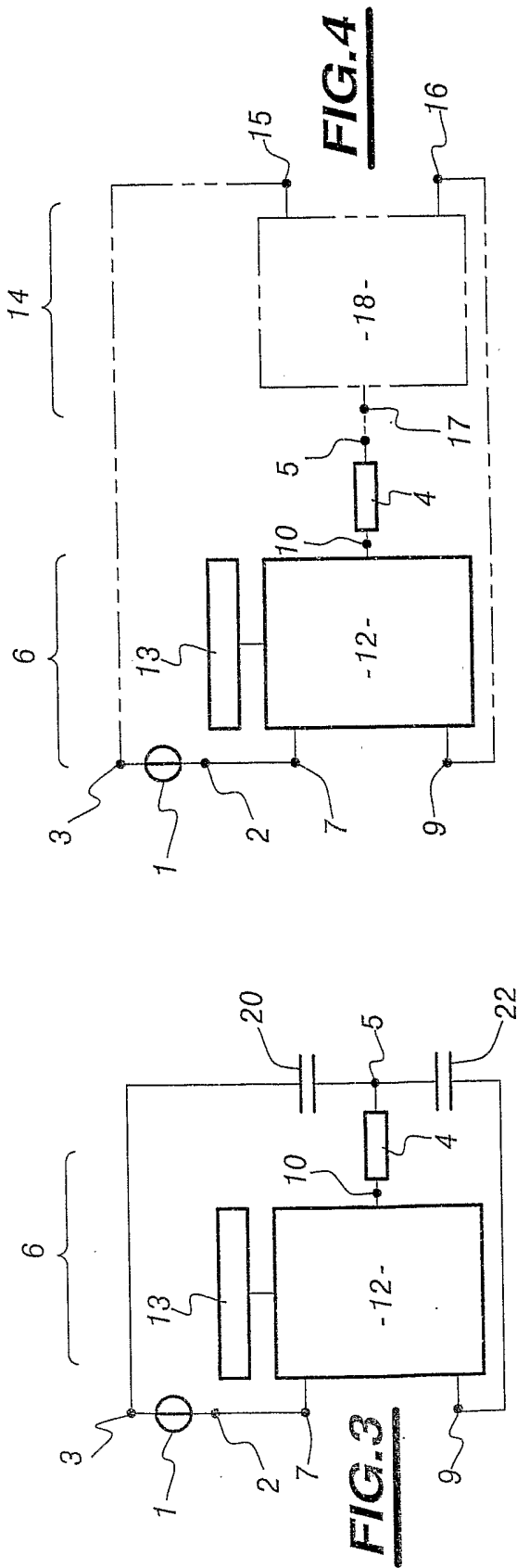
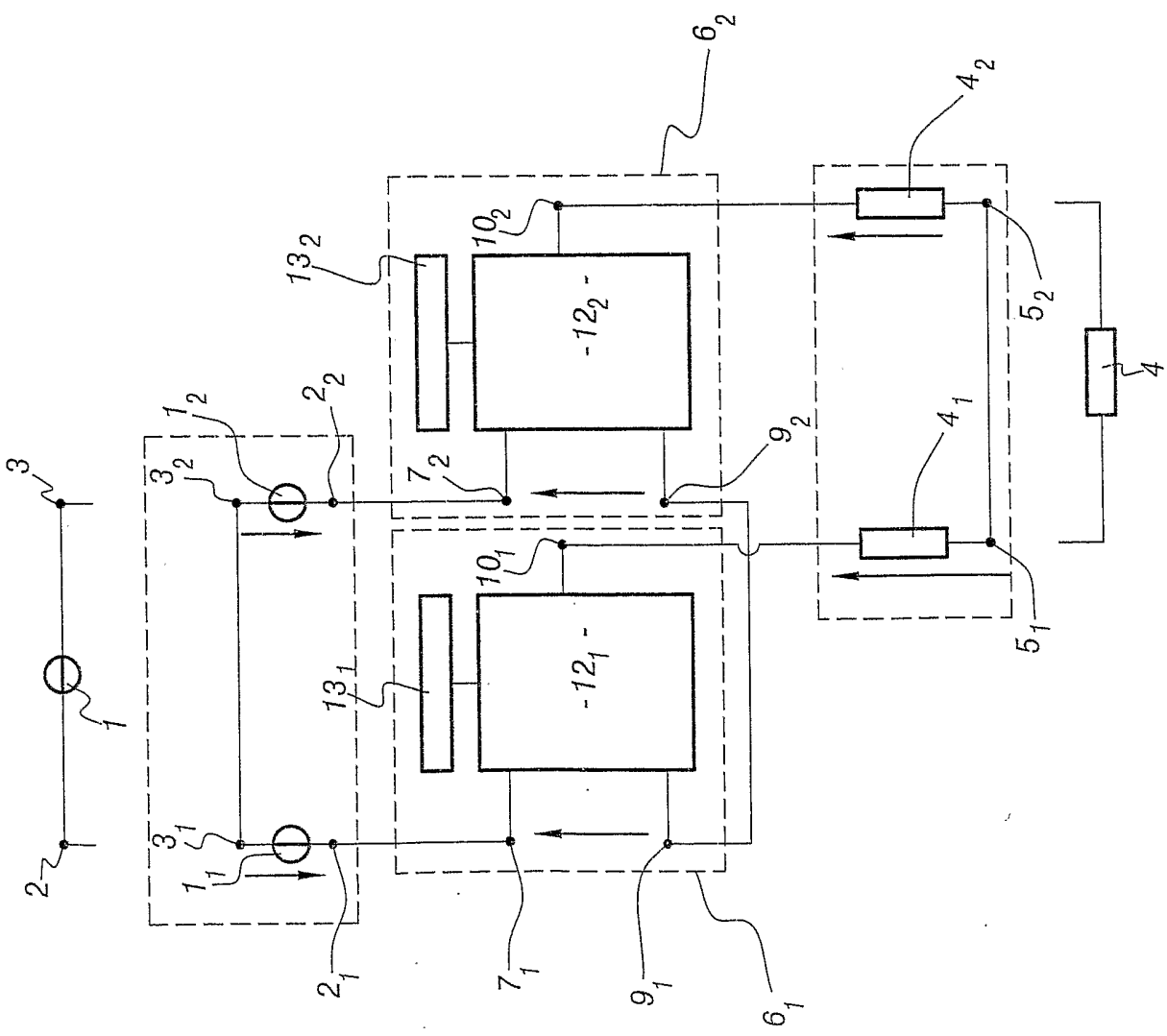


FIG.5



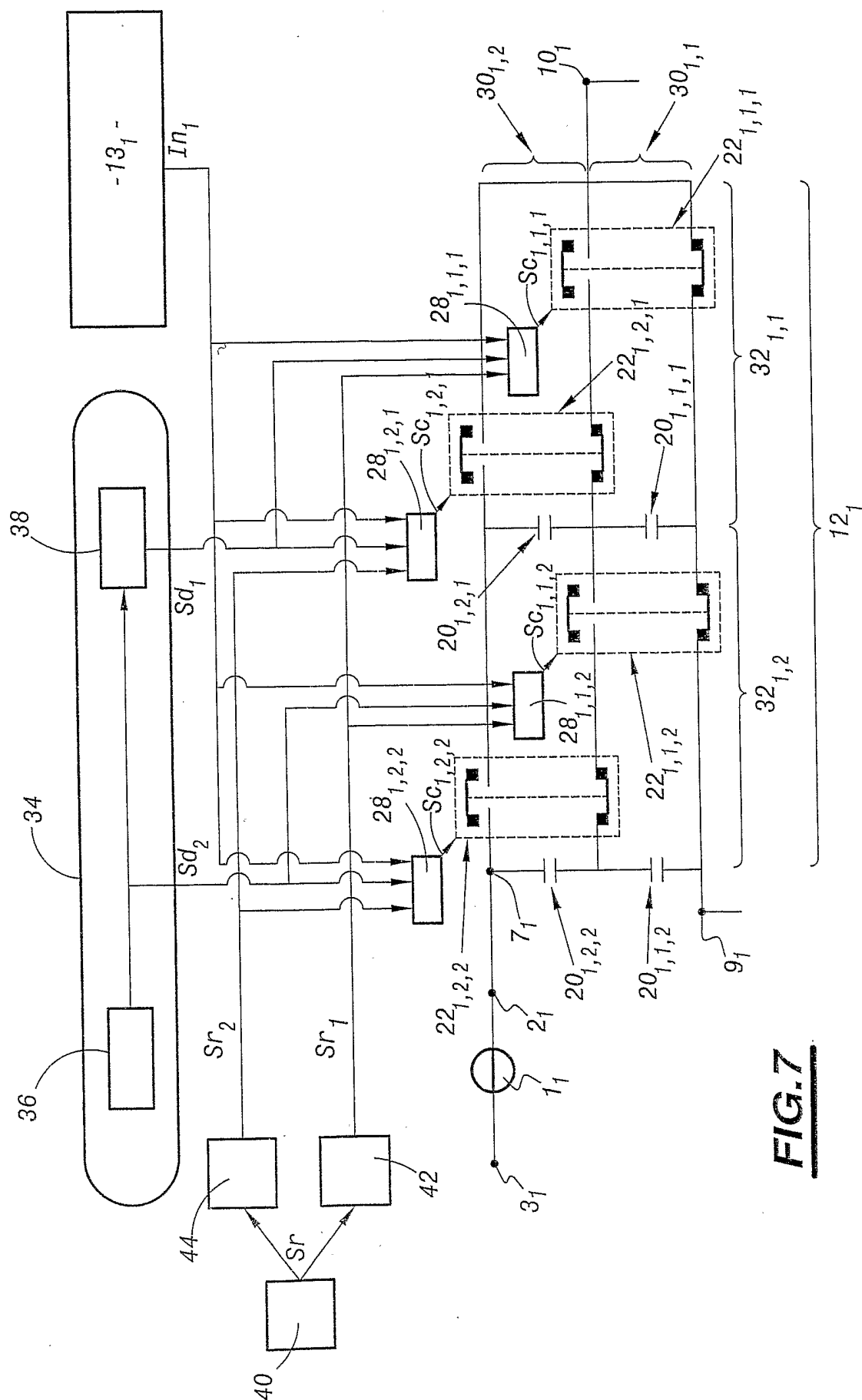
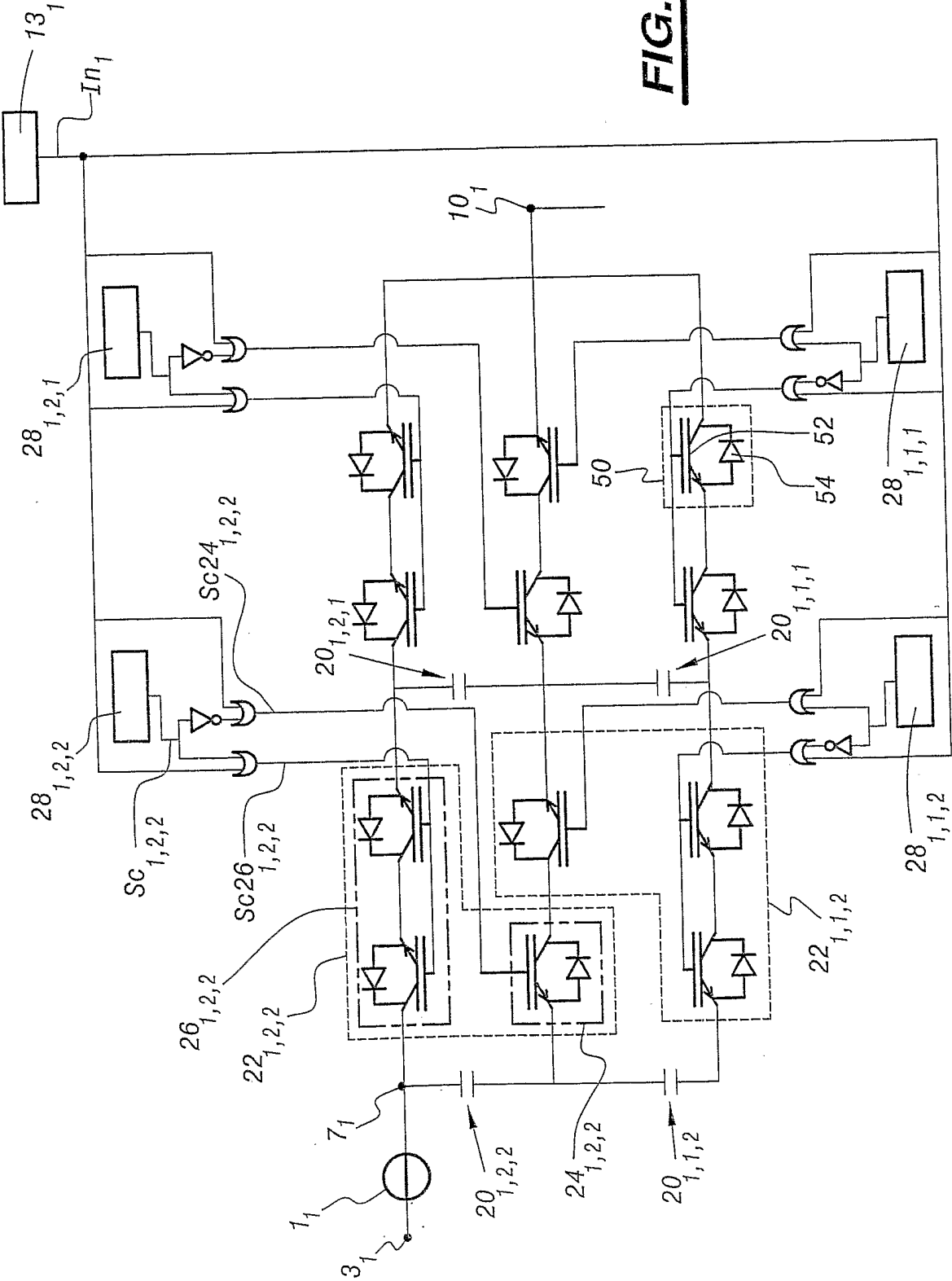
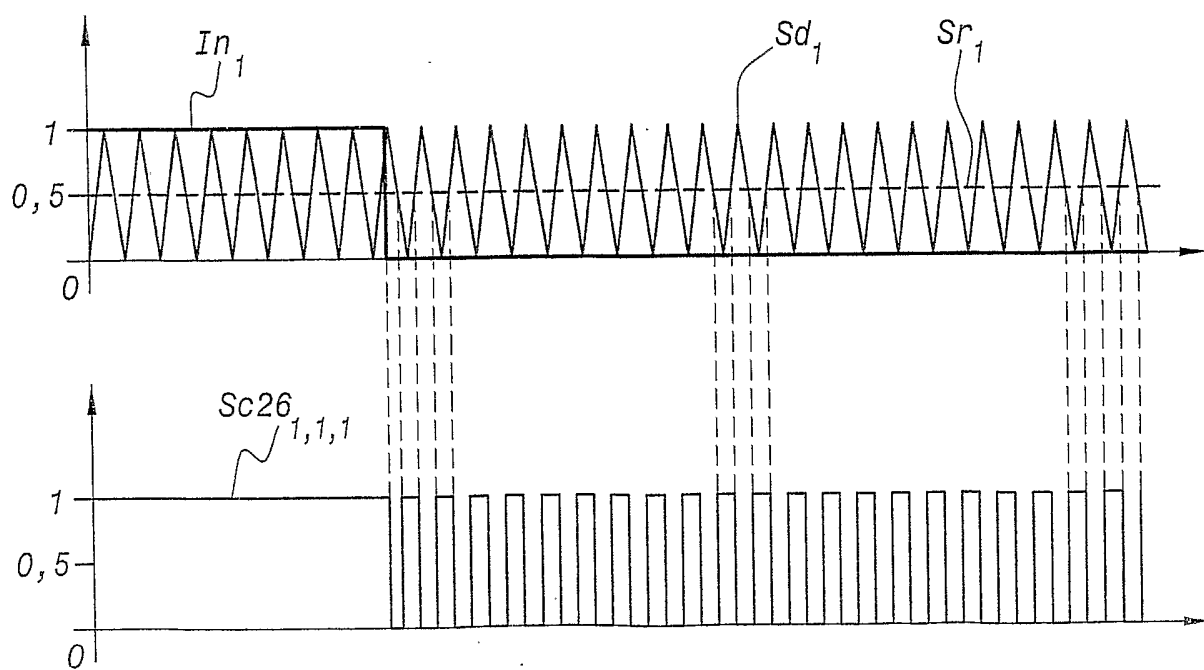
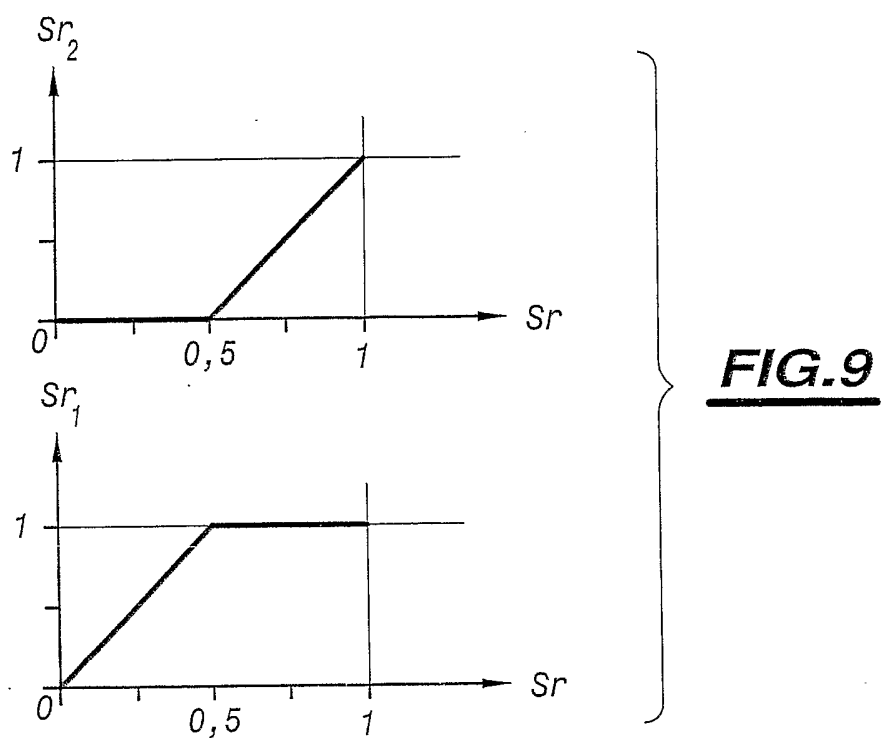


FIG.7

FIG.8



7/8

**FIG.10**

8/8

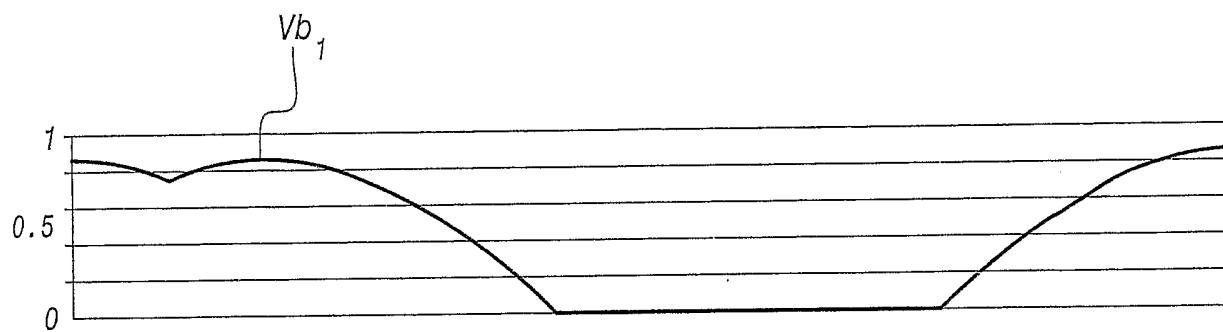


FIG.11

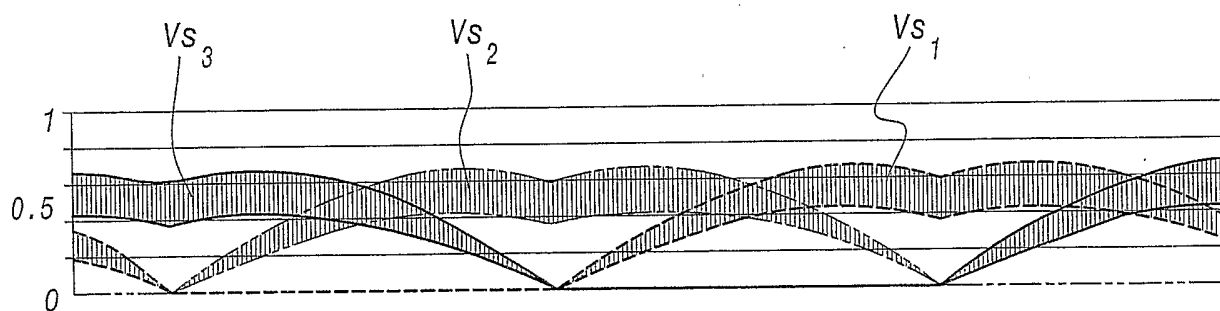


FIG.12

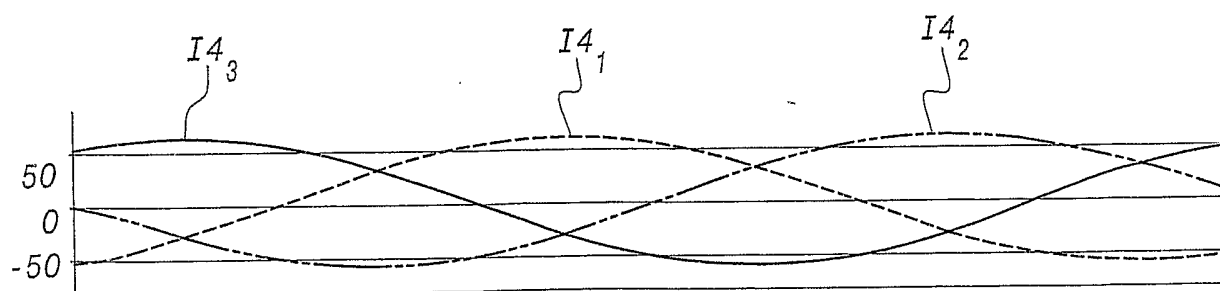


FIG.13