



(51) Classification internationale des brevets : Non classée

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2014/050340

(22) Date de dépôt international :
18 février 2014 (18.02.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1351497 21 février 2013 (21.02.2013) FR

(71) Déposant : VALEO SYSTEMES DE CONTROLE MO-
TEUR [FR/FR]; Immeuble Le Delta, 14 avenue des Bé-
guines, F-95800 Cergy Saint Christophe (FR).

(72) Inventeurs : SADKI, Hicham; 4 rue François Villon, F-
95000 Cergy (FR). COIA, Nathalie; 20 rue des Lilas, F-
95150 Taverny (FR). BOUCHEZ, Boris; 8 Boulevard des
Merveilles, F-95800 Cergy (FR).

(74) Mandataire : CARDON, Nicolas; Valeo Systèmes de
Contrôle Moteur, Immeuble Le Delta, 14 avenue des Bé-
guines, F-95800 Cergy Saint Christophe (FR).

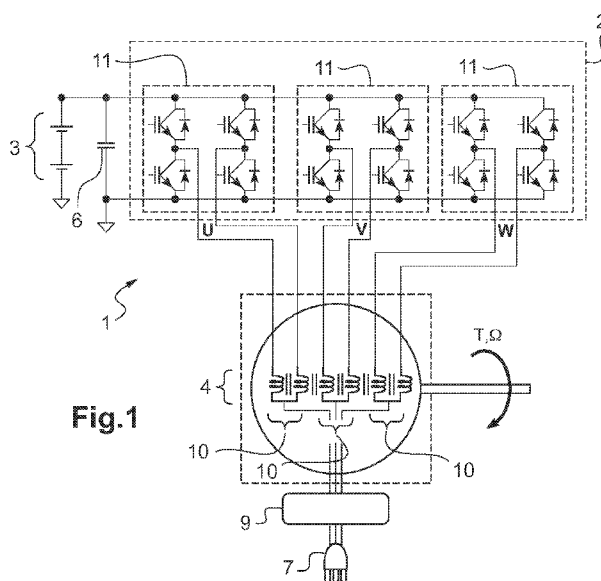
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : ELECTRICAL ARCHITECTURE FOR CONVERTING DC VOLTAGE INTO AC VOLTAGE, AND VICE VERSA

(54) Titre : ARCHITECTURE ÉLECTRIQUE POUR LA CONVERSION D'UNE TENSION CONTINUE EN UNE TENSION
ALTERNATIVE, ET RÉCIPROQUEMENT



(57) Abstract : An electrical architecture (1) for converting DC voltage into AC voltage, and vice versa, comprising: -a DC/AC vol-
tage converter (2), comprising a plurality of arms mounted in parallel, each arm comprising two controllable switching cells (12), in
series and separated by a mid-point, the arms being paired in H-bridges (11), -for each H-bridge (11), a dedicated control member
(13), such that all of the switching cells (12) of said H-bridge (11) can be controlled by this control member (13), each control mem-
ber (13) being intended to communicate with a same remote control unit (14) through a potential barrier (15).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

Publiée :

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

Architecture électrique (1) pour la conversion d'une tension continue en une tension alternative, et réciproquement, comprenant:
-un convertisseur de tension continu / alternatif (2), comprenant une pluralité de bras montés en parallèle, chaque bras comprenant deux cellules de commutation (12) commandables, en série et séparées par un point milieu, les bras étant appariés selon des ponts en H (11), -pour chaque pont en H (11), un organe de commande (13) dédié, de sorte que toutes les cellules de commutation (12) dudit pont en H (11) soient pilotables par cet organe de commande (13), chaque organe de commande (13) étant destiné à commuter avec une même unité de commande distante (14) à travers une barrière de potentiel (15).

Architecture électrique pour la conversion d'une tension continue en une tension alternative, et réciproquement

La présente invention concerne une architecture électrique pour la conversion d'une tension continue en une tension alternative, et réciproquement.

5 Cette architecture peut être embarquée sur un véhicule électrique ou hybride, et servir à convertir la tension d'alimentation fournie par un réseau électrique en une tension continue alimentant une unité de stockage d'énergie électrique afin de charger cette dernière. En variante, l'architecture peut servir à convertir la tension continue fournie par cette unité de stockage d'énergie électrique en une tension alternative alimentant le stator d'une machine électrique
10 servant à propulser le véhicule ou en une tension alternative transférée au réseau électrique polyphasée.

Pour une telle application à un véhicule, il est nécessaire de s'assurer qu'une ou plusieurs anomalies susceptibles de se produire au sein de tout composant impliqué dans l'alimentation électrique du moteur depuis l'unité de stockage d'énergie électrique lors d'un roulage du véhicule
15 n'affecteront pas la sécurité des utilisateurs du véhicule ou d'autres personnes.

De la même façon, il est nécessaire de s'assurer qu'une ou plusieurs anomalies susceptibles de se produire au sein de tout composant impliqué dans la charge de l'unité de stockage d'énergie électrique depuis le réseau électrique n'affecteront pas non plus la sécurité des personnes se trouvant à proximité du véhicule.

20 Il existe ainsi un besoin pour bénéficier d'une architecture permettant la conversion d'une tension continue en une tension alternative, et réciproquement, et qui réponde aux exigences de sécurité ci-dessus, tout en étant relativement simple et peu complexe à mettre en œuvre.

Selon l'un de ses aspects, l'invention répond à ce besoin à l'aide d'une architecture électrique pour la conversion d'une tension continue en une tension alternative, et réciproquement,

25 comprenant :

- un convertisseur de tension continu/alternatif, comprenant une pluralité de bras montés en parallèle, chaque bras comprenant deux cellules de commutation commandables, en série et séparées par un point milieu, les bras étant appariés selon des ponts en H,

30 - pour chaque pont en H un organe de commande dédié, de sorte que toutes les cellules de commutation dudit pont en H soient pilotables par cet organe de commande, chaque organe de commande étant destiné à, notamment configuré pour, communiquer avec une unité de commande distante à travers une barrière de potentiel.

Selon l'architecture ci-dessus, chaque pont en H bénéficie d'un organe de commande dédié
35 audit pont. L'architecture est ainsi compartimentée en plusieurs compartiments relativement

indépendants les uns par rapport aux autres, chaque compartiment comprenant notamment un pont en H et l'organe de commande qui lui est dédié. Du fait de cette compartimentation relativement indépendante, une anomalie survenue au sein d'un compartiment n'affecte pas le fonctionnement des autres compartiments, de sorte que le fonctionnement de l'architecture et/ou la sécurité des personnes se trouvant à proximité de celle-ci peuvent être garantis.

Dans le cas d'une application de l'invention à un véhicule hybride ou électrique, chaque compartiment peut en outre comprendre une phase de l'enroulement électrique de stator de la machine électrique permettant de propulser le véhicule.

Dans tout ce qui suit, « basse tension » désigne des tensions inférieures ou égales à 12 V et « haute tension » désigne des tensions supérieures ou égales à 60 V.

L'architecture peut comprendre l'unité de commande distante. Dans ce cas, l'unité de commande distante se trouve dans un environnement basse tension tandis que le convertisseur et les organes de commande des ponts en H se trouvent dans un environnement haute tension, ces deux environnements étant séparés par la barrière de potentiel.

Par exemple, une défaillance sur la commande d'une phase de l'enroulement électrique de stator de la machine électrique, c'est-à-dire une défaillance sur le pont en H dédié à ladite phase ou sur l'organe de commande des cellules de commutation dudit pont, n'empêche pas la poursuite de la propulsion par ce moteur du véhicule ou la poursuite de la charge de l'unité de stockage d'énergie électrique, lorsque cette opération de charge réutilise l'enroulement électrique de stator de la machine électrique.

Chaque organe de commande peut comprendre une première source d'énergie électrique et une deuxième source d'énergie électrique, distincte de la première source d'énergie électrique. Grâce à la disponibilité pour l'alimentation électrique de deux sources d'énergie distinctes, toute anomalie affectant l'une des sources d'énergie n'empêche pas le fonctionnement de l'organe de commande qui peut alors être alimenté par l'autre source d'énergie électrique. Cela peut garantir un fonctionnement plus sûr de l'architecture.

L'une des sources d'énergie électrique est par exemple formée à l'aide d'une ou plusieurs batteries tandis que l'autre source d'énergie électrique est obtenue en utilisant une haute ou basse tension disponible dans l'architecture. Par exemple, la deuxième source d'énergie électrique comprend l'unité de stockage d'énergie électrique alimentant le moteur électrique, et un convertisseur de tension continu/continu permettant d'adapter la valeur de la tension aux bornes de cette unité de stockage d'énergie électrique à une valeur compatible avec l'alimentation d'un organe de commande. Il s'agit notamment d'un convertisseur de tension continu/continu réversible, par exemple tel que décrit dans la demande déposée en France le 28 septembre 2012 sous le numéro 12 59180.

La première source de tension est par exemple une source basse tension, telle que la source d'énergie électrique du réseau de bord lorsque l'architecture est embarquée sur un véhicule. Le cas échéant, un convertisseur de tension continu/continu peut permettre d'abaisser la valeur de la tension fournie par cette source basse tension. La source basse tension alimente par exemple tous les organes de commande. Lorsqu'un convertisseur de tension continu/continu est utilisé pour abaisser la valeur de la tension fournie par cette source basse tension, il peut y avoir autant de tels convertisseurs qu'il y a d'organes de commande. La première et la deuxième sources ci-dessus sont par exemple communes à tous les organes de commande.

Chaque organe de commande peut comprendre l'un au moins parmi :

- une unité de traitement numérique configurée pour communiquer avec l'unité de commande distante,

- un dispositif de mesure d'au moins une grandeur électrique dans le pont en H, notamment d'une tension ou d'un courant, et

- un dispositif de mesure de la température dans le pont en H.

L'unité de traitement numérique est par exemple configurée pour exploiter les mesures de température et/ou de grandeurs électriques dans le pont en H. Le cas échéant, ces mesures ainsi exploitées sont transmises à l'unité de commande distante, de manière à ce que cette dernière puisse générer des consignes qui, une fois reçues et traitées par chaque organe de commande, permettront à ce dernier de piloter les interrupteurs du pont en H auquel il est dédié.

Ces mesures peuvent permettre de détecter la survenance d'une ou plusieurs anomalies dans chaque compartiment de l'architecture et les consignes élaborées sur la base de ces mesures permettent de respecter les contraintes mentionnées ci-dessus en termes de sécurité. Ces consignes sont par exemple des valeurs de rapport cyclique à appliquer aux interrupteurs commandables des cellules de commutation.

Préalablement à la détection d'une ou plusieurs anomalies dans l'architecture, un premier mode de commande peut être appliqué aux cellules de commutation et, du fait de la détection de la ou les anomalies, un deuxième mode de commande peut être élaboré et être ensuite appliqué à tout ou partie des cellules de commutation pour répondre aux exigences de sécurité ci-dessus.

Le deuxième mode de commande peut être générique, une même consigne étant appliquée dès lors qu'une anomalie est détectée dans l'architecture, indépendamment de la nature de cette anomalie.

En variante, le deuxième mode de commande peut être adapté à l'anomalie détectée, c'est-à-dire que les consignes appliquées peuvent différer selon la nature de l'anomalie détectée et/ou selon leur nombre.

Chaque organe de commande d'un pont en H du convertisseur de tension continu/alternatif peut communiquer avec les autres organes de commande des autres ponts en H dudit convertisseur.

L'unité de traitement numérique de chaque organe de commande peut être configurée pour communiquer avec une unité de traitement numérique de l'unité de commande distante via une liaison commune aux organes de commande et traversant ladite barrière de potentiel.

L'une des unités de traitement numériques des organes de commande est de préférence maître de cette communication, l'unité de traitement numérique de l'unité de commande distante et les autres unités de traitement numérique des autres organes de commande étant alors esclaves. Au sens de la présente demande, une unité de traitement est maître lorsqu'elle a l'initiative du déclenchement de la communication via la liaison.

Le cas échéant, si l'unité de traitement numérique d'un organe de commande qui est maître subit une anomalie, une autre parmi les unités de traitement des autres organes de commande devient maître à sa place.

Grâce au fait que la communication entre l'environnement basse tension dans lequel se trouve l'unité de commande distante et l'environnement haute tension dans lequel se trouve le convertisseur de tension continu/alternatif s'effectue à l'initiative des organes de commande des ponts en H, en cas de défaillance ou anomalie au niveau de l'unité de commande distante ou de tout autre composant dans l'environnement basse tension, les organes de commande des ponts en H peuvent continuer à fonctionner et à piloter les cellules de commutation du convertisseur de tension continu/alternatif en appliquant un mode de fonctionnement ne nécessitant pas d'interaction avec l'unité de commande distante.

La compartimentation mentionnée ci-dessus de l'architecture permet en outre de s'affranchir dans une certaine mesure d'anomalies se produisant sur des composants de l'environnement haute tension. La commande de chaque pont en H peut être indépendante de la commande des autres ponts en H de l'architecture.

La liaison permettant la communication entre l'unité de commande distante et les organes de commande du convertisseur de tension continu/alternatif peut être une liaison série synchrone full duplex. Il peut s'agir d'une liaison de type Serial Peripheral Interface (SPI). La barrière de potentiel peut être traversée par la liaison.

Le cas échéant, une unique barrière de potentielle peut être interposée entre l'unité de commande distante et les organes de commande des ponts en H du convertisseur.

Chaque cellule de commutation peut être réalisée à l'aide d'un interrupteur bidirectionnel en courant, par exemple un transistor à effet de champ ou un transistor de type IGBT avec une diode montée en antiparallèle.

Selon un premier exemple de mise en œuvre de l'invention, l'architecture est dépourvue de convertisseur de tension continu/continu interposé entre l'unité de stockage d'énergie électrique et le convertisseur de tension continu/alternatif, de sorte que l'interface continue de ce convertisseur de tension continu/alternatif peut être branchée aux bornes de l'unité de stockage d'énergie électrique.

Les unités de traitement numérique des organes de commande peuvent être des circuits logiques programmables (FPGA en anglais) et l'unité de traitement numérique de l'unité de commande distante peut être un microcontrôleur.

Lorsque les unités de traitement numérique des organes de commande sont des circuits logiques programmables (FPGA en anglais) et que l'unité de commande distante utilise un microcontrôleur, l'architecture utilise alors trois FPGA et un microcontrôleur pour effectuer l'intégralité de la commande des cellules de commutation du convertisseur.

En variante, selon un deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention, l'architecture peut comprendre un convertisseur de tension continu/continu comprenant une interface haute tension et une interface basse tension, l'une de l'interface haute tension et de l'interface basse tension étant reliée au convertisseur de tension continu/alternatif.

Selon ce deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention, le convertisseur de tension continu/continu peut comprendre plusieurs branches entrelacées, chaque branche comprenant :

- un bras s'étendant entre deux bornes définissant l'interface basse tension, ledit bras comprenant deux cellules de commutation commandables, en série et séparées par un point milieu,
- une bobine ayant une extrémité reliée au point milieu de la branche et l'autre extrémité reliée à la borne positive de l'interface haute tension.

Cette réalisation en plusieurs branches entrelacées du convertisseur de tension continu/continu peut permettre de mieux répartir la puissance entre les différentes branches, et ainsi de prolonger la durée de vie des cellules de commutation de ce convertisseur.

Les cellules de commutation du convertisseur de tension continu/continu peuvent être obtenues ou non à l'aide d'interrupteurs bidirectionnels en courant. Ces cellules de commutation sont par exemple identiques à celles du convertisseur de tension continu/alternatif.

Le convertisseur de tension continu/continu peut comprendre un nombre pair de branches, et les branches peuvent être appariées, la bobine d'une branche d'une paire étant en couplage magnétique avec la bobine de l'autre branche de ladite paire.

Selon un premier sous-mode de ce deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention, l'architecture peut comprendre, pour chaque paire de branches, un organe de commande apte à piloter toutes les cellules de commutation de ladite paire de branches.

Selon ce sous-mode, le convertisseur de tension continu/continu et sa commande sont compartimentés et il existe une certaine indépendance d'un compartiment à l'autre. Chaque compartiment comprend une paire de branches et l'organe de commande associé. De cette façon, toute anomalie dans un compartiment n'affecte pas les autres compartiments.

- 5 Toujours selon ce sous-mode, chaque organe de commande d'une paire de branches du convertisseur de tension continu/continu peut comprendre une première source d'énergie électrique et une deuxième source d'énergie électrique distincte de la première source d'énergie électrique. Comme mentionné précédemment en rapport avec l'alimentation en énergie électrique de l'organe de commande dédié à un pont en H, cette double alimentation électrique disponible
10 permet de réduire les risques d'un défaut d'alimentation électrique de l'organe de commande.

Toujours selon ce sous-mode, chaque organe de commande d'une paire de branches du convertisseur de tension continu/continu peut comprendre l'un au moins parmi :

- une unité de traitement numérique configurée pour communiquer avec l'unité de commande distante,
- 15 - un dispositif de mesure d'au moins une grandeur électrique dans la paire de branches, et
- un dispositif de mesure de température dans la paire de branches.

La double alimentation électrique disponible peut ainsi permettre de garantir que ces mesures et traitements seront effectués en cas de besoin.

- Les mesures ci-dessus peuvent permettre de détecter la survenance d'une ou plusieurs
20 anomalies au niveau de la paire de branches alors qu'un premier mode de commande des cellules de commutation du convertisseur de tension continu/continu est appliqué. Lorsque cette anomalie est détectée, un deuxième mode de commande peut être élaboré puis appliqué à tout ou partie des cellules de commutation dudit convertisseur, similairement à ce qui a déjà été exposé en rapport avec le convertisseur de tension continu/alternatif.

- 25 Le cas échéant, le deuxième mode de commande et le premier mode de commande s'appliquent à la fois :

- à tout ou partie des cellules de commutation du convertisseur de tension continu/alternatif, et
- à tout ou partie des cellules de commutation du convertisseur de tension continu/continu.

- 30 Chaque organe de commande d'une paire de branches peut comprendre une unité de traitement numérique configurée pour communiquer avec l'unité de traitement numérique de l'unité de commande distante et cette communication peut se faire via la liaison ci-dessus qui est alors commune :

- aux organes de commande des cellules de commutation des ponts en H du convertisseur de
35 tension continu/alternatif, et

- aux organes de commande des cellules de commutation des paires de branches du convertisseur de tension continu/continu, ladite liaison traversant ladite barrière de potentiel.

5 L'une au moins des unités de traitement numériques d'un organe de commande est de préférence maître pour cette communication.

Comme déjà expliqué ci-dessus le fonctionnement en maître d'une unité de traitement numérique affectée au pilotage de cellules de commutation de l'environnement haute tension réduit les conséquences sur les convertisseurs d'anomalie(s) survenant dans l'environnement basse tension.

10 Les unités de traitement numérique des organes de commande peuvent être des circuits logiques programmables (FPGA en anglais) et l'unité de traitement numérique de l'unité de commande distante peut être un microcontrôleur.

Lorsque ces unités de traitement numériques des organes de commande sont des FPGA et que l'unité de commande distante utilise un microcontrôleur, l'architecture utilise alors six FPGA et
15 un microcontrôleur pour effectuer l'intégralité de la commande des cellules de commutation des convertisseurs.

Toujours selon ce sous-mode, le nombre de branches du convertisseur de tension continu/continu peut être égal au nombre de bras du convertisseur de tension continu/alternatif et l'architecture comprend alors autant d'organes de commande pilotant les cellules de commutation
20 du convertisseur de tension continu/alternatif que d'organes de commande pilotant les cellules de commutation du convertisseur de tension continu/continu.

Selon un deuxième sous-mode du deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention, le nombre de branches du convertisseur de tension continu/continu est égal au nombre de bras du convertisseur de tension continu/alternatif, et chaque organe de commande dédié à un pont en H
25 pilote également toutes les cellules de commutation d'une paire de branches du convertisseur de tension continu/continu.

Selon ce deuxième sous-mode, les organes de commande jouent à la fois le rôle des organes de commande de l'architecture dépourvue de convertisseur de tension continu/continu selon le premier exemple de mise en œuvre de l'invention et le rôle des organes de commandes des
30 cellules de commutation des paires de branches de l'architecture selon le premier sous-mode du deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention qui vient d'être décrit.

Les unités de traitement numérique des organes de commande peuvent être des circuits logiques programmables (FPGA en anglais) et l'unité de traitement numérique de l'unité de commande distante peut être un microcontrôleur.

Lorsque chaque organe de commande comprend une unité de traitement étant un FPGA et que l'unité de commande distante utilise un microcontrôleur, l'architecture utilise trois FPGA et un microcontrôleur pour effectuer l'intégralité de la commande des cellules de commutation des convertisseurs, soit autant de composants de traitement qu'en l'absence de convertisseur de tension continu/continu, bien que ce dernier soit présent. Selon ce deuxième sous-mode, on dispose d'une architecture plus efficace avec un encombrement et un coût plus réduits.

Selon l'un ou l'autre de ces sous-modes, le convertisseur de tension continu/alternatif peut comprendre six bras et le convertisseur de tension continu/continu peut comprendre six branches.

Selon un autre exemple de mise en œuvre de l'invention, l'architecture est dépourvue de convertisseur de tension continu/alternatif, le convertisseur de tension continu/continu étant interposé entre un connecteur apte à être connecté à un réseau électrique et l'unité de stockage d'énergie électrique, et chaque paire de branches du convertisseur de tension continu/continu est associé à un organe de commande dédié à cette paire et permettant de piloter toutes les cellules de commutation de cette paire.

Dans tout ce qui précède, l'architecture peut comprendre un seul microcontrôleur, ce dernier faisant partie de l'unité de commande distante, et plusieurs FPGA, notamment trois ou six, ces derniers formant les unités de traitement numérique des organes de commande des ponts en H.

Dans tout ce qui précède, un capteur de position du rotor de la machine électrique et/ou un capteur de température dans le moteur électrique, par exemple de la température du stator, peuvent être disposés dans l'environnement basse tension et interagir directement avec l'unité de commande distante, sans l'intermédiaire de composants de l'environnement haute tension. Un seul capteur de position peut ainsi interagir avec l'unité de commande distante, cette dernière utilisant notamment un microcontrôleur, comme mentionné ci-dessus.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, une architecture telle que définie ci-dessus, comprenant en outre :

- une unité de stockage d'énergie électrique ayant à ses bornes une tension continue, reliée directement ou non au convertisseur de tension continu/alternatif, et
- un enroulement électrique polyphasé de stator, chaque phase électrique du stator étant connectée entre deux points milieux d'un pont en H.

L'architecture peut comprendre une ligne d'alimentation apte à être reliée via un connecteur à un réseau électrique externe, la ligne d'alimentation comprenant un nombre de conducteurs égal au nombre de phases de l'enroulement électrique de stator et chaque conducteur ayant une extrémité reliée à un point intermédiaire d'une phase de l'enroulement électrique de stator. Le point intermédiaire de ladite phase peut être un point milieu.

Le réseau électrique peut être un réseau électrique industriel géré par un opérateur. Il s'agit par exemple d'un réseau électrique fournissant une tension à une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz.

Il peut s'agir d'un réseau monophasé fournissant une tension comprise entre 120 V et 240 V ou d'un réseau polyphasé, par exemple triphasé, notamment d'un réseau triphasé fournissant une tension comprise entre 208 V et 416 V.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un procédé de commande de l'architecture ci-dessus, dans lequel :

- on détecte qu'au moins une anomalie se produit dans l'architecture alors qu'un premier mode de commande est appliqué aux cellules de commutation, et
- on élabore un deuxième mode de commande lorsque cette anomalie est détectée, ce deuxième mode de commande étant ensuite appliqué à tout ou partie des cellules de commutation.

Lorsque le premier mode commande permet l'alimentation depuis l'unité de stockage d'énergie électrique de l'enroulement électrique de stator et que ce dernier est polyphasé, le deuxième mode de commande peut permettre de mettre en court-circuit tout ou partie des phases électriques dudit enroulement, notamment en cas d'anomalie dans l'environnement basse tension ou en cas d'anomalie sur la liaison permettant la communication avec l'unité de commande distante. Lorsque l'anomalie ne porte que sur la commande d'une phase de l'enroulement électrique de stator, c'est-à-dire sur le pont en H dédié à ladite phase ou sur l'organe de commande des cellules de commutation dudit pont, le deuxième mode de commande peut permettre de mettre en court-circuit les autres phases électriques de l'enroulement électrique de stator ou de supprimer temporairement la phase électrique en question. Cette suppression temporaire d'une phase électrique consiste notamment à arrêter d'alimenter l'organe de commande associé à ladite phase et/ou les cellules de commutation du pont en H dédié à ladite phase. Lorsque le premier mode de commande permet la charge de l'unité de stockage d'énergie électrique depuis le réseau électrique à travers entre autres l'enroulement électrique de stator, le deuxième mode de commande peut permettre d'interrompre la charge ou peut permettre que la charge soit effectuée avec des performances réduites.

On interrompt notamment la charge en ouvrant un ou plusieurs relais interposés entre le réseau électrique et le convertisseur de tension continu/alternatif.

On effectue notamment une charge avec des performances réduites en imposant selon le deuxième mode de commande une valeur de consigne pour le courant dans l'unité de stockage d'énergie électrique qui soit inférieure à la valeur de consigne pour ledit courant selon le premier mode de commande.

L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre d'exemples non limitatifs de mise en œuvre de celle-ci et à l'examen du dessin annexé sur lequel :

- la figure 1 représente de façon partielle une architecture électrique selon un premier exemple de mise en œuvre de l'invention,
- 5 - la figure 2 représente de façon fonctionnelle l'architecture selon le premier exemple de mise en œuvre de l'invention,
- la figure 3 représente de façon fonctionnelle l'unité de traitement numérique d'un organe de commande dédié à un pont en H du convertisseur de tension continu/alternatif de l'architecture de la figure 1,
- 10 - les figures 4 et 5 sont des représentations sous forme de schémas blocs de scénarios de produisant lorsqu'une anomalie survient dans l'architecture selon ce premier exemple de mise en œuvre de l'invention,
- la figure 6 représente de façon partielle une architecture électrique selon un premier sous-mode d'un deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention,
- 15 - la figure 7 représente de façon fonctionnelle l'unité de traitement numérique d'un organe de commande dédié à une paire de branches du convertisseur de tension continu/continu de l'architecture de la figure 6,
- la figure 8 représente de façon partielle une architecture électrique selon un deuxième sous-mode du deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention,
- 20 - la figure 9 est une représentation fonctionnelle de l'architecture selon le deuxième sous-mode du deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention, et
- la figure 10 représente de façon schématique un exemple de double alimentation électrique d'un organe de commande.

On a représenté à la figure 1 une architecture électrique 1 selon un exemple de mise en œuvre de l'invention. L'architecture électrique 1 comprend :

- un convertisseur de tension continu/alternatif 2,
- une unité de stockage d'énergie électrique 3, et
- un enroulement électrique 4 de stator d'une machine électrique.

Le convertisseur de tension continu/alternatif 2 est dans cet exemple disposé entre l'unité de stockage d'énergie électrique 3 et l'enroulement électrique 4 de manière à permettre un échange d'énergie électrique entre ces derniers.

La machine électrique est dans l'exemple considéré utilisée pour entraîner un véhicule hybride ou électrique. Il s'agit par exemple d'un moteur synchrone à aimants permanents. La machine électrique présente par exemple une puissance nominale comprise entre 10W et 10 MW, étant

notamment comprise entre 100W et 200kW. Dans cet exemple, l'enroulement électrique 4 de stator est triphasé.

L'unité de stockage d'énergie électrique 3 peut être une batterie, un super-condensateur ou tout assemblage de batteries ou de super-condensateurs. Il s'agit par exemple de plusieurs branches en parallèle de batteries en série. L'unité de stockage d'énergie électrique 3 peut avoir une tension nominale comprise entre 60 V et 800 V, notamment entre 200 V et 450 V ou entre 600 V et 800 V.

Un condensateur 6 peut être monté en parallèle de l'unité de stockage d'énergie électrique 3.

Comme représenté sur la figure 1, l'architecture 1 peut comprendre un connecteur 7 apte à être branché à un réseau électrique industriel délivrant une tension à 50 Hz ou 60 Hz.

Ce connecteur 7 est par exemple relié, via un filtre 9 configuré pour éliminer les interférences électromagnétiques, à un point intermédiaire de chaque phase 10 de l'enroulement électrique 4 de stator. Il s'agit par exemple d'un point milieu pour les phases, comme enseigné dans la demande WO 2010/057893.

Le convertisseur 2 convertit dans cet exemple la tension continue aux bornes de l'unité de stockage d'énergie électrique 3 en une tension alternative triphasée alimentant l'enroulement électrique 4 de stator, pour permettre la propulsion du véhicule.

Inversement, le convertisseur 2 peut convertir la tension alternative fournie par le réseau et transitant par l'enroulement électrique 4 de stator en une tension continue alimentant l'unité de stockage d'énergie électrique 3, pour permettre la charge de celle-ci. Le connecteur 7 est alors connecté à une borne du réseau électrique.

Le convertisseur 2 comprend ici trois ponts en H 11, chaque pont en H étant formé par deux bras montés en parallèle entre les bornes de l'unité de stockage d'énergie électrique 3. Chaque bras présente dans cet exemple deux cellules de commutation 12 réversibles et montées en série.

Une cellule de commutation 12 est par exemple formée par le montage en antiparallèle d'un transistor et d'une diode, cette dernière étant le cas échéant la diode intrinsèque du transistor. Le transistor peut être à effet de champ, de type IGBT ou bipolaire.

Chaque pont en H 11 est associé à un organe de commande 13 pilotant le fonctionnement de toutes les cellules de commutation 12 du pont 11. Dans le cas où chaque cellule de commutation 12 comprend un transistor, cet organe de commande 13 injecte le courant de grille ou de base permettant de changer l'état du transistor.

L'architecture 1 comprend, comme représenté sur la figure 2, une unité de commande distante 14 échangeant des données avec chaque organe de commande 13 via une liaison 19 qui peut être une liaison série synchrone full duplex, par exemple SPI. Cet échange de données peut se faire dans l'exemple des figures 1 et 2 à travers une unique barrière de potentiel 15 traversée par la

liaison 19. Cette barrière de potentiel 15 fournit par exemple une isolation galvanique, mettant notamment en œuvre un transformateur ou un opto-coupleur. Cette barrière 15 sépare l'environnement basse tension auquel appartient l'unité de commande distante 14 de l'environnement haute tension auquel appartiennent les organes de commande 13, le convertisseur de tension continu/alternatif 2, l'unité de stockage d'énergie électrique 3 et l'enroulement électrique 4 de stator.

L'unité de commande distante 14 peut comprendre un ou plusieurs systèmes de traitement, par exemple un ou plusieurs microcontrôleurs 16. L'unité de commande distante 14 peut communiquer avec un superviseur via une liaison CAN 17. Dans une application à un véhicule, le superviseur peut être l'unité de commande moteur (ECU) du véhicule. L'unité de commande 14 peut être en charge de l'élaboration des valeurs de consigne pour le courant dans chaque bras du pont 11 et pour la tension aux bornes des bras du pont 11.

Dans le cadre de la communication via la liaison 19, l'un des organes de commande 13 peut être maître, comme on le verra par la suite, c'est-à-dire que la communication via cette liaison 19 est gérée par cet organe de commande 13. Le cas échéant, l'unité de commande distante 14 est associée à des organes de mesure permettant de mesurer la température dans le stator de la machine électrique et à des organes de mesure permettant de déterminer la position du rotor de la machine électrique.

On va maintenant décrire en référence à la figure 2 chaque organe de commande 13 de façon plus détaillée. Chaque organe de commande 13 est ici identique d'un pont en H à l'autre.

Chaque organe de commande 13 comprend une unité de traitement numérique 20 agencée pour recevoir des informations sur l'état du pont en H 11 associé, et pour générer des signaux de commande pour piloter les cellules de commutation 12 du pont 11, le cas échéant sur la base de consignes reçues de l'unité de commande distante 14.

L'unité de traitement 20 peut être un circuit logique programmable (FPGA en anglais). Dans ce cas, et lorsque le traitement par l'unité de commande distante 14 met en œuvre un microcontrôleur, la communication via la liaison 19 se fait entre le FPGA 20 et le microcontrôleur 16. Le FPGA 20 peut être maître et le microcontrôleur peut être esclave.

Comme représenté sur la figure 2, les signaux de commande pour piloter les cellules de commutation 12 du pont 11 peuvent être générés par un bloc fonctionnel 21 de l'unité de traitement 20, ce bloc fonctionnel 21 coopérant avec un autre bloc 22 en charge des différentes stratégies à appliquer en cas d'anomalie(s) dans le pont 11.

L'organe de commande 13 comprend également dans l'exemple considéré des moyens pour établir un diagnostic de l'état du pont 11. Ces moyens permettent par exemple de mesurer la

tension aux bornes d'un bras du pont 11, le courant dans un bras du pont 11, par exemple grâce à un shunt, ou encore la température en un point situé entre les deux bras du pont 11.

Les valeurs mesurées par ces moyens sont alors transmises à l'unité de traitement 20. Le cas échéant, ces valeurs peuvent être analysées par l'unité de traitement 20 de façon autonome et celle-ci peut générer les signaux de commande pour piloter les cellules de commutation 12 du pont 11. En variante, ces valeurs sont envoyées à l'unité de commande distante 14 via la liaison 19, de manière à ce que celle-ci génère les consignes qui seront ensuite utilisées par l'unité de traitement 20 pour générer les signaux de commande pilotant les cellules de commutation 12.

L'organe de commande 13 comprend dans l'exemple considéré une double alimentation en énergie électrique, comme on peut le voir sur la figure 10. Cette double alimentation est formée par une première source 200 et une deuxième source 201.

La première source 200 est par exemple la source d'énergie électrique du réseau de bord, cette dernière délivrant ainsi une basse tension, par exemple de l'ordre de 12 V. Chaque première source 200 d'un organe de commande 13 peut être issue d'une source commune aux organes de commande, cette source commune étant notamment comme mentionné ci-dessus la source d'énergie électrique du réseau de bord du véhicule.

Le cas échéant, un convertisseur de tension continu/continu peut être interposé entre la source d'énergie électrique du réseau de bord et chaque organe de commande 13 pour permettre d'abaisser la valeur de la tension fournie par la source d'énergie électrique du réseau de bord. Il est par exemple préférable d'alimenter électriquement chaque organe de commande 13 à l'aide d'une tension de valeur inférieure à 12 V, par exemple de 6 V ou moins.

Cette première source d'énergie électrique 200 peut permettre d'alimenter les différents composants de l'organe de commande 13 et elle peut être pourvue de moyens permettant de l'activer, de la maintenir en service, et de l'interrompre lorsqu'il n'est plus nécessaire qu'elle fonctionne ou pour des raisons de sécurité.

La deuxième source 201 utilise dans cet exemple une source haute tension déjà disponible, faisant partie de l'architecture 1 ou étant accessible depuis celle-ci.

Dans l'exemple considéré, la deuxième source 201 utilise la tension fournie par l'unité de stockage d'énergie électrique 3. Un convertisseur de tension continu/continu, par exemple celui décrit dans la demande déposée en France le 28 septembre 2012 sous le numéro 12 59180 peut permettre de transformer la tension aux bornes de l'unité de stockage d'énergie électrique 3 en une basse tension compatible avec l'alimentation de l'organe de commande 13.

On a représenté sur la figure 3 de façon fonctionnelle l'unité de traitement 20 de la figure 2. Cette unité 20 comprend :

- un module 30 formant une boucle à verrouillage de phase recevant un signal d'horloge depuis le microcontrôleur 16, la fréquence d'horloge étant par exemple de 10 MHz,
- un module half duplex 31 en charge de l'envoi et de la réception de données via la liaison 19,
- 5 - une pluralité de convertisseurs analogique/numérique 33 reliés aux moyens de mesure mentionnés ci-dessus. Ces convertisseurs 33 permettent l'acquisition des valeurs analogiques mesurées par ces moyens de mesure et leur conversion analogique/numérique,
- un module 34 générant des valeurs de rapport cyclique pour la tension alimentant les
- 10 drivers des cellules de commutation un module 35 générant les valeurs de rapport cyclique qui seront appliquées aux cellules de commutation 12 du pont 11 pour piloter ces dernières, de manière à contrôler le fonctionnement du convertisseur de tension continu/alternatif 2 lorsque l'architecture 1 est utilisée pour propulser le véhicule,
- un module 36 recevant comme entrées les mesures numériques fournies par les moyens de
- 15 mesure décrits précédemment, de manière à effectuer un diagnostic de l'état du pont en H 11,
- un module 37 générant les valeurs de rapport cyclique qui seront appliquées aux cellules de commutation 12 du pont 11 pour piloter ces dernières, de manière à contrôler le fonctionnement du convertisseur de tension continu/alternatif 2 lorsque l'architecture 1 est
- 20 utilisée pour charger l'unité de stockage d'énergie électrique 3],
- de façon optionnelle, un convertisseur numérique/analogique 38 présentant une sortie sur quatre canaux,
- de façon optionnelle, un module visuel 39, témoignant de l'activité de l'unité de traitement 20, et
- 25 - un module 40 de stockage et de calcul.

L'interaction entre les différents modules ci-dessus va maintenant être décrite. Les informations reçues par les convertisseurs analogique/numérique 33 sont envoyées par le module 31 vers l'unité de commande distante 14 après avoir transité via le module 40. L'unité de commande distante 14 génère, sur la base au moins de ces informations, des consignes transmises

30 via la liaison 19 au module 31 et transmises ensuite aux modules 34 et 35 après avoir transité par le module 40.

Les informations issues du module 36 en charge de l'établissement d'un diagnostic sur l'état du pont 11 sont transmises aux modules 35 et 37 ainsi qu'à l'unité de commande distante 14 via les modules 40 et 31. Le cas échéant, ces informations sont prises en compte par l'unité de

contrôle distante 14 pour générer les consignes qui sont ensuite transmises aux modules 34 et 35, comme expliqué ci-dessus.

On va maintenant décrire en référence aux figures 4 et 5 des exemples de deuxième mode de commande du convertisseur de tension continu/alternatif 2 par les différents organes de

5 commande 13 lorsqu'une anomalie est détectée dans l'architecture alors qu'un premier mode de commande était appliqué.

La figure 4 correspond au cas où une anomalie est détectée dans l'architecture 1 alors que le convertisseur 2 fonctionne en onduleur pour alimenter l'enroulement électrique 4 de stator à partir de l'unité de stockage d'énergie électrique 3, de manière à propulser le véhicule.

10 La colonne 40 correspond aux anomalies pouvant survenir dans l'architecture dans le cas considéré, tandis que la commande 41 indique de quelle manière cette anomalie est détectée, que la colonne 42 indique la configuration prise par le convertisseur 2 du fait de l'application du deuxième mode de commande par les cellules de commutation 12, et que la colonne 43 indique l'état de la propulsion du véhicule du fait de l'application de ce deuxième mode de commande.

15 Les blocs 50 et 51 correspondent respectivement à :

- une perte de commande d'un composant dans l'environnement basse tension, par exemple de l'unité de commande distante 14, et

- une anomalie sur un composant de puissance passif, par exemple le condensateur 6. Ces anomalies sont détectées selon 52 par le microcontrôleur 16 de l'unité de commande distante 14 et/ou par le FPGA 20. Par mesure de sécurité, un deuxième mode de commande est élaboré puis appliqué aux cellules de commutation 12 et ce deuxième mode de commande est tel que le convertisseur 2 prend une configuration selon 53 dans laquelle les trois phases de l'enroulement électrique 4 de stator sont en court-circuit.

25 En conséquence, le couple moteur devient nul, de sorte que le véhicule n'est plus propulsé par le moteur électrique et qu'il décélère lentement, selon 54. Le bloc 55 correspond au cas d'une anomalie se produisant au niveau de la liaison 19. Cette anomalie est détectée selon 56 par le FPGA 20. Le deuxième mode de commande est élaboré par les organes de commande 13 et appliqué aux cellules de commutation 12, de manière à provoquer alors le passage du convertisseur 2 dans la même configuration que selon 53, de sorte que l'on se retrouve dans l'état correspondant au bloc 54.

30 Le bloc 58 correspond à une perte de commande d'un composant de l'environnement haute tension, par exemple au niveau des drivers des cellules de commutation 12 d'un pont 11. Cette anomalie est détectée selon 59 par l'unité de commande distante 14 et/ou par le FPGA 20. Le deuxième mode de commande est alors élaboré par l'unité de commande distante 14 et/ou par le
35 FPGA 20 puis appliqué aux cellules de commutation 12. Ce deuxième mode de commande est tel

que, lorsqu'il est appliqué, le convertisseur 2 prend une configuration selon 60 dans laquelle deux phases de l'enroulement électrique 4 de stator sont en court-circuit.

En conséquence, le couple moteur devient nul, de sorte que le véhicule n'est plus propulsé par le moteur électrique et qu'il décélère lentement, toujours selon 54.

- 5 En variante, lorsque l'unité de commande distante 14 ou le FPGA 20 détecte une anomalie selon 59, le deuxième mode de commande élaboré peut être tel que, lorsqu'il est appliqué aux cellules de commutation 12, le convertisseur 2 prend une configuration 61 dans laquelle un pont 11 est en circuit ouvert, de sorte que seules deux phases de l'enroulement électrique 4 de stator sont encore utilisées. Seuls deux ponts en H 11 sont alors actifs. En conséquence, les
- 10 performances du moteur électrique sont réduites, c'est-à-dire que la puissance maximale que peut fournir le moteur est réduite, ce dernier se retrouvant dans l'état selon 62.

Le bloc 63 correspond à une anomalie se produisant sur un composant de puissance actif d'un pont en H. Cette anomalie est détectée selon 59 par l'unité de commande distante 14 et/ou par le FPGA 20, de sorte que le convertisseur peut alors se retrouver dans la configuration selon 60 ou

15 61.

En résumé, le convertisseur de tension continu/alternatif 2 peut prendre la configuration selon 53 lorsque l'une au moins des anomalies suivantes est détectée :

- perte ou dégradation de la communication avec le superviseur, la liaison CAN, c'est-à-dire une anomalie dans l'environnement basse tension,
- 20 - perte ou dégradation de la liaison SPI 19 ou dans l'un des modules 31 des FPGA 20,
- perte ou dégradation du microcontrôleur 16 de l'unité de commande distante 14,
- perte ou dégradation de l'alimentation de ce microcontrôleur 16,
- dégradation de l'alimentation d'un capteur de position du rotor de la machine électrique, ce capteur interagissant avec l'unité de commande distante 14, ou perte ou dégradation de
- 25 la mesure de position fournie par ce capteur,
- perte ou dégradation d'un programme d'arrêt d'urgence du moteur électrique,
- défaut majeur au niveau du moteur électrique,
- perte du filtre CEM 9 ou d'un filtre CEM disposé entre la batterie HT et l'onduleur,
- perte du condensateur 6,
- 30 - perte ou dégradation de l'alimentation des unités de traitement 20 des organes de commande 13,
- perte ou dégradation d'un signal garantissant la bonne déconnexion d'un connecteur de puissance interposé entre l'unité de stockage d'énergie électrique 3 et le convertisseur de tension continu/alternatif 2.

Les configurations 60 ou 61 peuvent être atteintes lorsqu'une ou plusieurs anomalies se produisent au sein d'un seul compartiment de l'architecture 1, c'est-à-dire dans l'exemple considéré au sein d'un seul organe de commande 13 ou au sein d'un seul pont en H 11.

Cette anomalie est l'une au moins parmi :

- 5 - une perte ou une erreur dans la chaîne de mesure du courant dans le pont 11 et/ou dans la chaîne de mesure de tension dans le pont 11,
- une perte de connexion du pont 11 à l'enroulement électrique 4 de stator,
- une perte ou une dégradation de l'unité de traitement 20 de l'organe de commande 13,
- une perte ou une dégradation des drivers associés à chaque cellule de commutation 12 et
- 10 transmettant à celle-ci les consignes provenant de l'unité de traitement 20,
- perte ou dégradation de l'alimentation des unités de traitement 20 des organes de commande 13.

La figure 5 correspond au cas où une anomalie est détectée dans l'architecture 1 alors que le convertisseur 2 fonctionne en redresseur pour charger l'unité de stockage d'énergie électrique 3

15 depuis le réseau électrique à travers l'enroulement électrique 4 de stator et qu'un premier mode de commande est appliqué aux cellules de commutation 12.

Les mêmes anomalies selon les blocs 50, 51, 55, 58 et 63 peuvent se produire et être détectées par l'unité de commande distante 14 ou par le FPGA 20 selon un bloc 65.

Deux deuxièmes modes de commande alternatifs peuvent alors être élaborés et appliqués par

20 les cellules de commutation 12 des ponts 11 du convertisseur 2 dans ce cas.

Un de ces deuxièmes mode de commande provoque le passage du convertisseur 2 dans une configuration selon 67 dans laquelle la commande des cellules de commutation 12 est interrompue du fait de l'arrêt de l'alimentation électrique des organes de commande 13, cette configuration correspond à un état 68 de l'architecture 1 dans lequel aucune charge de l'unité de

25 stockage d'énergie électrique par le réseau électrique ne se produit.

L'autre deuxième mode de commande provoque le passage du convertisseur 2 dans une configuration selon 69 dans laquelle une charge dégradée se produit. Cette charge dégradée correspond par exemple à une charge avec une valeur réduite de consigne pour le courant dans l'unité de stockage d'énergie électrique 3. L'architecture 1 est alors dans un état 66 dans lequel la

30 charge de l'unité de stockage d'énergie électrique 3 est effectuée selon des performances plus réduites, le temps de charge étant notamment plus élevé.

L'analyse ou diagnostic de l'état du pont 11 ainsi que la détermination de la stratégie à appliquer selon que des anomalies sont détectées dans ce pont 11 peuvent ainsi être effectuées par l'unité de traitement 20 du pont en question, le cas échéant en utilisant des informations

35 transmises par la liaison 19 depuis l'unité de commande distante 14.

Dans l'exemple qui vient d'être décrit, l'architecture 1 est dépourvue de convertisseur de tension continu/continu interposé entre le convertisseur 2 et l'unité de stockage d'énergie électrique 3, de sorte que la tension sur l'interface continue du convertisseur 2 est sensiblement égale à celle aux bornes de l'unité de stockage d'énergie électrique 3. L'invention n'y est
5 cependant pas limitée comme on va maintenant le voir.

La figure 6 représente une architecture 1 selon un deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention. Cette architecture 1 diffère de celle qui vient d'être décrite en référence aux figures 1 à 5 par le fait qu'elle comprend en outre un convertisseur de tension continu/continu 70 interposé entre le condensateur 6 et l'unité de stockage d'énergie électrique 3, c'est-à-dire que le
10 convertisseur 70 est également disposé entre ladite unité 3 et le convertisseur de tension continu/alternatif 2.

Le convertisseur de tension continu/continu 70 permet d'adapter la valeur de la tension aux bornes de l'unité de stockage d'énergie électrique 3 à la valeur de la tension apte à alimenter l'enroulement électrique 4 de stator, et réciproquement. Ce convertisseur 70 est ici entrelacé,
15 comprenant plusieurs branches. Chaque branche comprend dans cet exemple:

- un bras monté en parallèle du condensateur 6 et comprenant deux cellules de commutation 71 en série commandables et séparées par un point milieu 73,
- une bobine 74 ayant une extrémité reliée au point milieu 73 du bras et l'autre extrémité reliée à la borne positive haute tension de l'unité de stockage d'énergie électrique 3.

Dans l'exemple considéré, le nombre de branches du convertisseur 70 est égal au nombre de bras du convertisseur 3, c'est-à-dire six, et les branches sont appariées, la bobine 74 d'une branche d'une paire 75 étant en couplage magnétique avec la bobine 74 de l'autre branche de ladite paire 75.
20

Dans cet exemple, chaque paire 75 de branches est associée à un organe de commande non représenté sur cette figure et en charge du pilotage de toutes les cellules de commutation 71 de cette paire 75. Chaque organe de commande est dédié à une paire 75 de branches et il peut être en tout point ou non identique à un organe de commande 13 d'un pont 11 du convertisseur 2 décrit précédemment. Chaque organe de commande dédié à une paire 75 de branches comprend notamment une unité de traitement numérique 77, proche ou identique à l'unité de traitement
30 numérique 20 précédemment décrite.

Cette unité de traitement 77 est par exemple réalisée à l'aide d'un FPGA et elle peut ne différer de celle décrite en référence à la figure 3 que par l'absence du module 37. Chaque unité de traitement 77 communique alors avec l'unité de commande distante 14 via la liaison 19, cette dernière étant partagée avec les unités de traitement 20 des organes de commande 13. La liaison
35 19 comprend par exemple plusieurs fils et l'un est affecté à l'échange de données entre les unités

de traitement 20 et l'unité de commande distante 14 tandis qu'un autre fil est affecté à l'échange de données entre les unités de traitement 77 et l'unité de commande distante 14.

Similairement à ce qui a été décrit plus haut, lorsque chaque unité de traitement 20 et chaque unité de traitement 77 sont réalisées à l'aide de FPGA et que le traitement par l'unité de

commande distante 14 met en œuvre un microcontrôleur, la communication via la liaison 19 se fait entre les FPGA et le microcontrôleur 16, et l'un des FPGA est maître.

Dans l'exemple de la figure 6, l'architecture 1 comprend six organes de commandes, à savoir :

- trois organes de commande 13, chacun étant dédié à un pont en H 11 du convertisseur de tension continu/alternatif 2, et
- trois organes de commande, chacun étant dédié à une paire 75 de branches du convertisseur de tension continu/continu 70.

On a ainsi dans cette architecture, trois unités de traitement 20 et trois unités de traitement 77, soit six FPGA, lorsque chaque unité de traitement 20 ou 77 est réalisée à l'aide d'un FPGA.

La présence d'un organe de commande dédié à chaque paire 75 de branches du convertisseur 70 peut permettre de remédier aux anomalies suivantes se produisant au sein de ladite paire 75 ou au sein de l'organe de commande de ladite paire 75:

- une perte ou une erreur dans la chaîne de mesure du courant dans la paire 75 ou dans la chaîne de mesure de tension dans la paire 75,
- une perte ou une dégradation de l'unité de traitement 77 de l'organe de commande de la paire 75,
- une perte ou une dégradation des drivers associés à chaque cellule de commutation 71 et transmettant à celle-ci les consignes provenant de l'unité de traitement 77,
- perte de la source d'énergie auxiliaire de l'organe de commande de ladite paire 75 lorsque celle-ci utilise l'unité de stockage d'énergie électrique 3.

On va décrire en référence aux figures 8 et 9 une architecture 1 ne différant de celle qui vient d'être décrite que par le fait qu'au lieu d'avoir :

- un organe de commande 13 dédié à chaque pont en H 11 du convertisseur de tension continu/alternatif 2, et
- un organe de commande dédié à chaque paire 75 de branches du convertisseur de tension continu/continu 70,

soit six organes de commande au total, l'architecture 1 n'en comprend que trois.

Comme représenté sur la figure 8, selon cet exemple de mise en œuvre, un organe de commande 13, en plus de piloter les cellules de commutation 12 d'un pont en H 11 du convertisseur de tension continu/alternatif 2, pilote également les cellules de commutation 71

d'une paire 75 de branches du convertisseur de tension continu/continu 70. Les unités de

traitement 20 décrites en référence aux figures 1 à 5 jouent alors également le rôle des unités de traitement 77 décrites en référence aux figures 6 et 7.

La figure 9 est une représentation analogue à celle de la figure 2 pour l'architecture de la figure 8. Comme on peut le voir, chaque unité de traitement 20 est fonctionnellement scindée en deux, une première partie 80 étant affectée au pilotage des cellules de commutation 12 d'un pont en H 11 du convertisseur de tension continu/continu 2, cette partie 80 effectuant les tâches de l'unité de traitement 20 décrites en référence aux figures 1 à 5 tandis qu'une deuxième partie 81 est affectée au pilotage des cellules de commutation 71 d'une paire 75 de branches du convertisseur de tension continu/continu 70, cette partie 81 effectuant les tâches de l'unité de traitement 77 décrite en référence aux figures 6 et 7.

La liaison 19 permet dans cet exemple de véhiculer entre l'unité de commande distante 14 et les organes de commande 12 à la fois des données liées au pilotage des cellules de commutation 71 du convertisseur de tension continu/continu 70, et des données liées au pilotage des cellules de commutation 12 du convertisseur de tension continu/alternatif 2. Un fil 82 de la liaison 19 est par exemple dédié à l'échange de données entre l'unité de commande distante 14 et les premières parties 80 tandis qu'un autre fil 84 est dédié à l'échange de données entre l'unité de commande distante 14 et les deuxièmes parties 81.

Deux isolateurs distincts 18 assurant la barrière de potentiel 15 entre l'unité de commande distante et les convertisseurs 2 et 70 peuvent être chacun traversés par un des fils 82 ou 84. En variante, un seul isolateur multicanal 18 traversé par les fils 82 et 84 peut être utilisé.

Lorsque le traitement des données provenant des convertisseurs 2 et 70 par l'unité de commande distante 14 met en œuvre un microcontrôleur et que chaque organe de commande 13 comprend un FPGA, l'architecture 1 selon les figures 8 et 9 présente les avantages mentionnées ci-dessus en termes de sécurité tout en n'utilisant que quatre éléments de traitement numériques.

L'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits.

L'expression « comprenant un » doit être comprise comme signifiant « comprenant au moins un », sauf lorsque le contraire est spécifié.

Revendications

1. Architecture électrique (1) pour la conversion d'une tension continue en une tension alternative, et réciproquement, comprenant :

- un convertisseur de tension continu/alternatif (2), comprenant une pluralité de bras montés en parallèle, chaque bras comprenant deux cellules de commutation (12) commandables, en série et séparées par un point milieu, les bras étant appariés selon des ponts en H (11),

- pour chaque pont en H (11), un organe de commande (13) dédié, de sorte que toutes les cellules de commutation (12) dudit pont en H (11) soient pilotables par cet organe de commande (13), chaque organe de commande (13) étant destiné à communiquer avec une même unité de commande distante (14) à travers une barrière de potentiel (15).

2. Architecture selon la revendication 1, chaque organe de commande (13) comprenant une première source d'énergie électrique et une deuxième source d'énergie électrique, distincte de la première source d'énergie électrique.

3. Architecture selon l'une des revendications précédentes, chaque organe de commande (13) comportant l'un au moins parmi :

- une unité de traitement numérique (20) configurée pour communiquer avec l'unité de commande distante (14),

- un dispositif de mesure d'au moins une grandeur électrique dans le pont en H, et

- un dispositif de mesure de la température dans le pont en H.

4. Architecture selon la revendication 3, chaque organe de commande (13) comprenant une unité de traitement numérique (20) configurée pour communiquer avec une unité de traitement numérique (16) de l'unité de commande (14) distante via une liaison (19) commune aux organes de commande (13) et traversant ladite barrière de potentiel (15), l'une des unités de traitement numérique (20) d'un organes de commande (13) étant maître pour cette communication.

5. Architecture selon l'une quelconque des revendications précédentes, chaque organe de commande (13) étant configuré pour communiquer avec les autres organes de commande (13).

6. Architecture selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un convertisseur de tension continu/continu (70) comprenant une interface haute tension et une interface basse tension, l'une de l'interface haute tension et de l'interface basse tension étant reliée au convertisseur de tension continu/alternatif (2).

7. Architecture selon la revendication 6, le convertisseur de tension continu/continu (70) comprenant plusieurs branches entrelacées, chaque branche comprenant :

- un bras s'étendant entre deux bornes définissant l'interface basse tension et comprenant deux cellules de commutation commandables (71), en série et séparées par un point milieu (73),

- une bobine (74) ayant une extrémité reliée au point milieu de la branche et l'autre extrémité reliée à la borne positive de l'interface haute tension.

8. Architecture selon la revendication 7, le convertisseur de tension continu/continu (70)

comprenant un nombre pair de branches, et les branches étant appariées, la bobine (74) d'une

5 branche d'une paire (75) étant en couplage magnétique avec la bobine (74) de l'autre branche de ladite paire (75).

9. Architecture selon la revendication 8, comprenant pour chaque paire (75) de branches un

organe de commande apte à piloter toutes les cellules de commutation (71) de ladite paire (75) de branches.

10 10. Architecture selon la revendication 9, chaque organe de commande d'une paire (75) de

branches du convertisseur de tension continu/continu (70) comprenant une première source

d'énergie électrique et une deuxième source d'énergie électrique, distincte de la première source d'énergie électrique.

11. Architecture selon la revendication 10, chaque organe de commande d'une paire (75) de

15 branches du convertisseur de tension continu/continu (70) comprenant l'un au moins parmi :

- une unité de traitement numérique (77) configurée pour communiquer avec l'unité de commande distante (14),

- un dispositif de mesure d'au moins une grandeur électrique dans la paire (75) de branches, et

- un dispositif de mesure de la température dans la paire (75) de branches.

20 12. Architecture selon les revendications 4 et 11, chaque organe de commande d'une paire (75) de

branches comprenant une unité de traitement numérique (77) configurée pour communiquer avec

l'unité de traitement numérique (16) de l'unité de commande distante (14) via une liaison (19)

commune aux organes de commande (13) des cellules de commutation (12) des ponts en H (11)

du convertisseur de tension continu/alternatif (2) et aux organes de commande des cellules de

25 commutation (71) d'une paire (75) de branches du convertisseur de tension continu/continu (70),

ladite liaison (19) traversant ladite barrière de potentiel (15), l'une des unités de traitement

numériques (20, 77) d'un organe de commande étant maître pour cette communication.

13. Architecture selon la revendication 11 ou 12, le nombre de branches du convertisseur de

tension continu/continu (70) étant égal au nombre de bras du convertisseur de tension

30 continu/alternatif (2) et l'architecture (1) comprenant autant d'organes de commandes (13)

pilotant les cellules de commutation (12) du convertisseur de tension continu/alternatif (2) que

d'organes de commande pilotant les cellules de commutation (71) du convertisseur de tension

continu/continu (70).

14. Architecture selon la revendication 8, le nombre de branches du convertisseur de tension

35 continu/continu (70) étant égal au nombre de bras du convertisseur de tension continu/alternatif

(2), et chaque organe de commande (13) dédié à un pont en H (11) étant également apte à piloter toutes les cellules de commutation (71) d'une paire (75) de bras du convertisseur de tension continu/continu (70).

15. Architecture selon la revendication 13 ou 14, le convertisseur de tension continu/alternatif (2) comprenant six bras et le convertisseur de tension continu/continu (70) comprenant six branches.

16. Architecture (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre :
- une unité de stockage d'énergie électrique (3) ayant à ses bornes une tension continue, reliée directement ou non au convertisseur de tension continu/alternatif (2),

- un enroulement électrique (4) de stator, chaque phase électrique du stator étant connectée entre deux points milieux d'un pont en H (11), et
- l'unité de commande distante (14).

17. Architecture selon la revendication 16, ne comprenant qu'un seul microcontrôleur, ce dernier faisant partie de l'unité de commande distante (14), et plusieurs circuits logiques programmables (20) (FPGA), notamment trois ou six, ces derniers formant les unités de traitement numérique des organes de commande (13) des ponts en H (11).

18. Procédé de commande de l'architecture (1) selon la revendication 16 ou 17, dans lequel :
-on détecte qu'au moins une anomalie se produit dans l'architecture (1) alors qu'un premier mode de commande est appliqué aux cellules de commutation (12, 71), et

- on élabore un deuxième mode de commande lorsque cette anomalie est détectée, ce deuxième mode de commande étant ensuite appliqué à tout ou partie des cellules de commutation (12, 71).

19. Procédé selon la revendication 18, dans lequel le premier mode de commande permet, notamment correspond à, l'alimentation depuis l'unité de stockage d'énergie électrique (3) de l'enroulement électrique (4) de stator, ce dernier étant polyphasé, et le deuxième mode de commande appliqué permet de mettre, notamment correspond à la mise, en court-circuit tout ou partie des phases électriques dudit enroulement (4).

20. Procédé selon la revendication 18, dans lequel le premier mode de commande permet, notamment correspond à, l'alimentation depuis l'unité de stockage d'énergie électrique (3) de l'enroulement électrique (4) de stator, ce dernier étant polyphasé, dans lequel on détecte que l'anomalie ne porte que sur la commande d'une phase de l'enroulement électrique (4) de stator, et dans lequel le deuxième mode de commande appliqué permet de mettre, notamment correspond à la mise, en court-circuit les autres phases électriques de l'enroulement électrique (4) de stator, ou permet de supprimer temporairement, notamment correspond à la suppression temporaire de, la phase électrique dans la commande de laquelle survient la défaillance.

21. Procédé selon la revendication 18, dans lequel le premier mode de commande permet, notamment correspond à, la charge de l'unité de stockage d'énergie électrique (3) depuis un

réseau électrique à travers entre autres l'enroulement électrique (4) de stator, et dans lequel le deuxième mode de commande appliqué permet d'interrompre, notamment correspond à l'interruption de, ladite charge ou d'en réduire les, notamment correspond à la réduction de ses, performances.

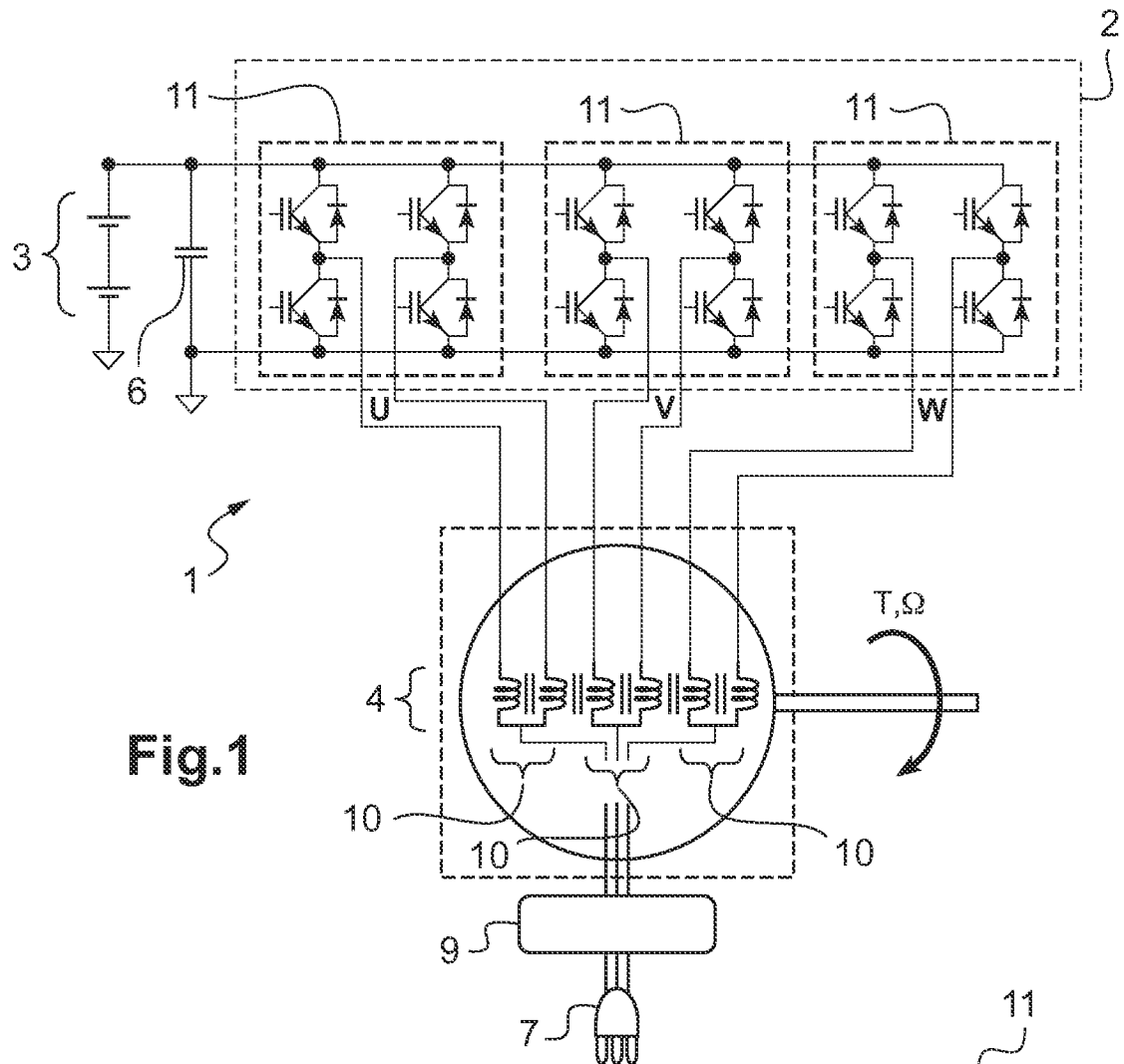


Fig.1

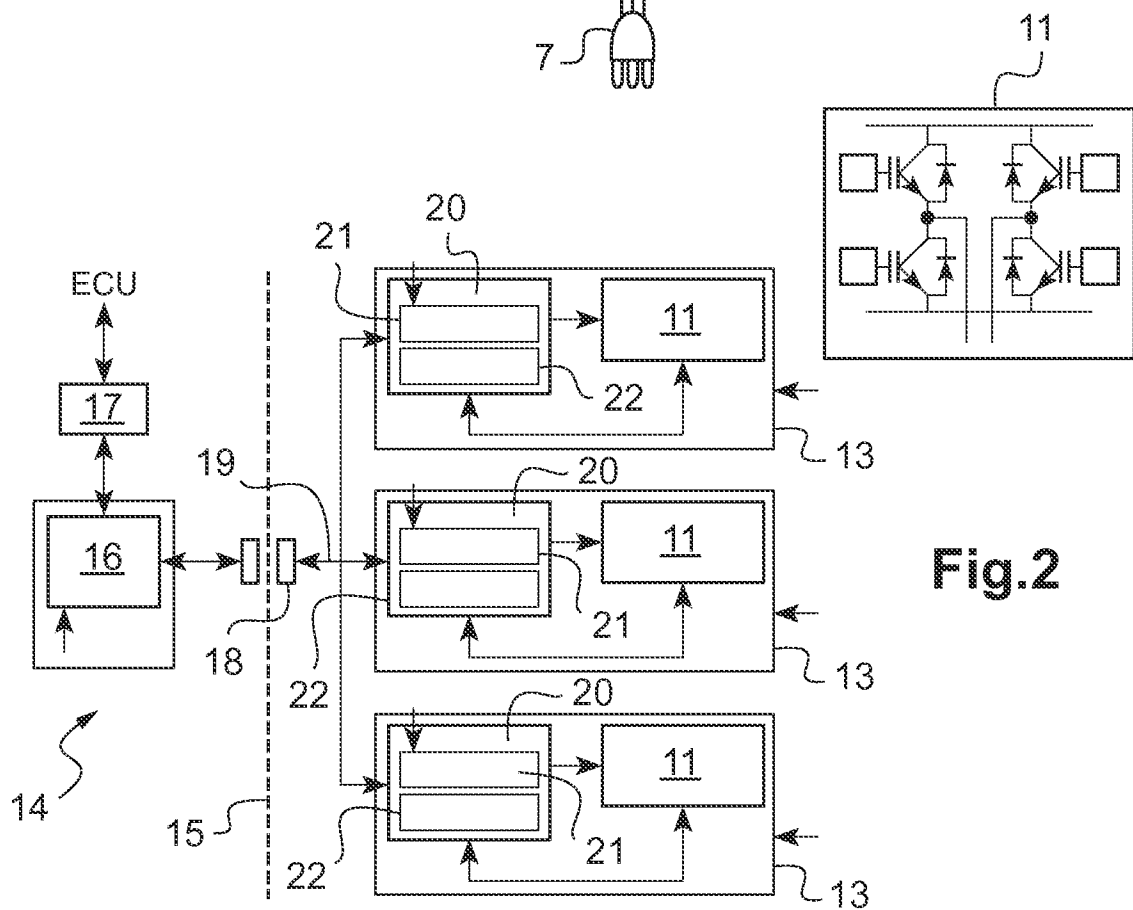
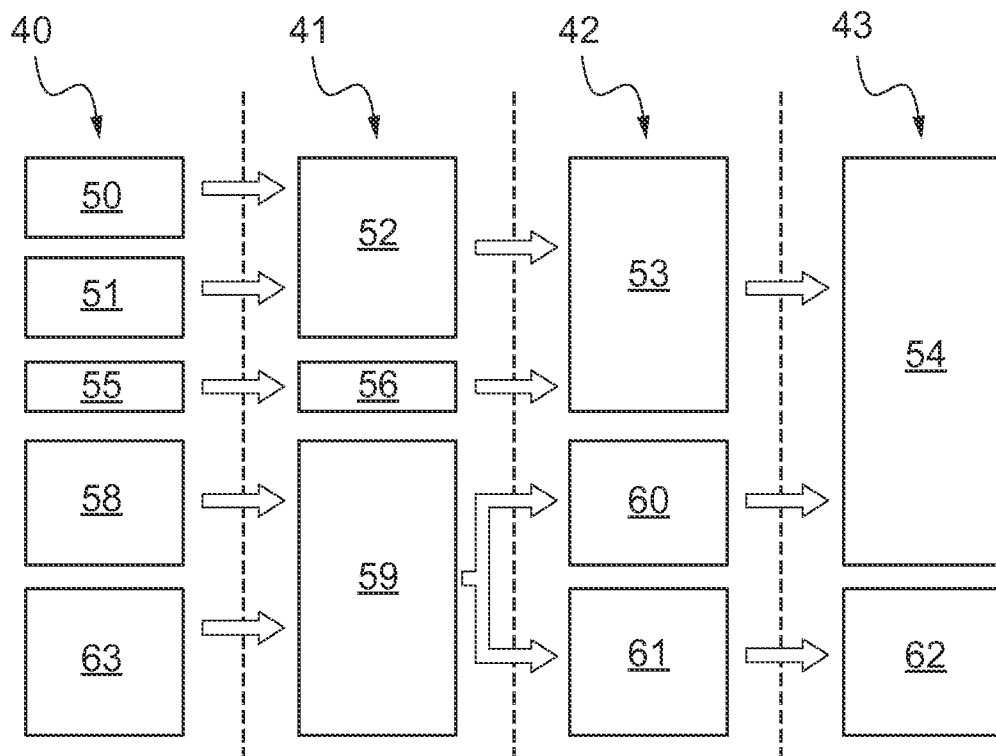
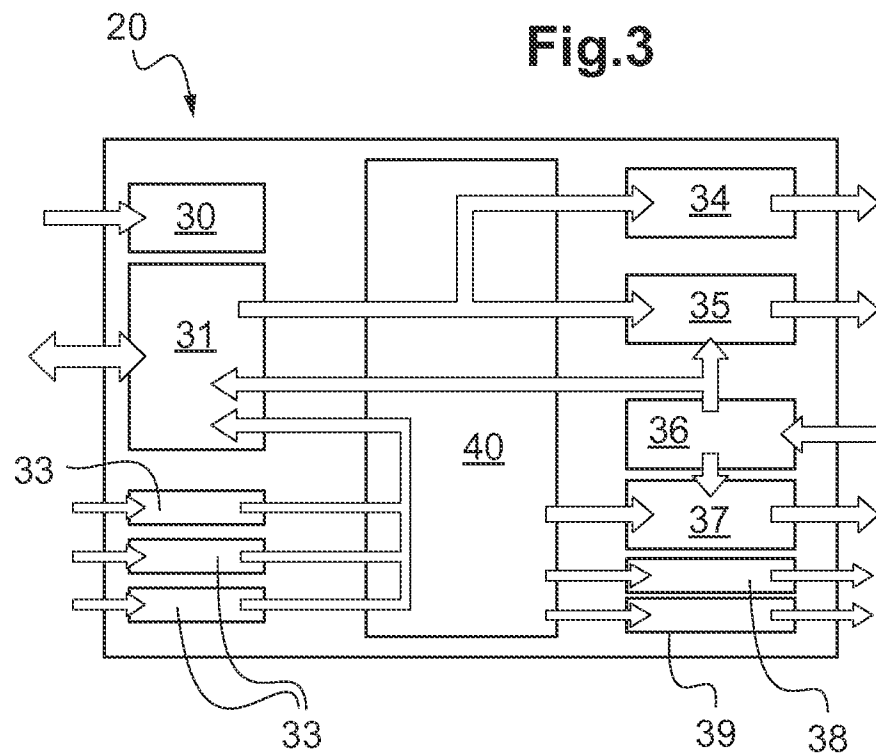
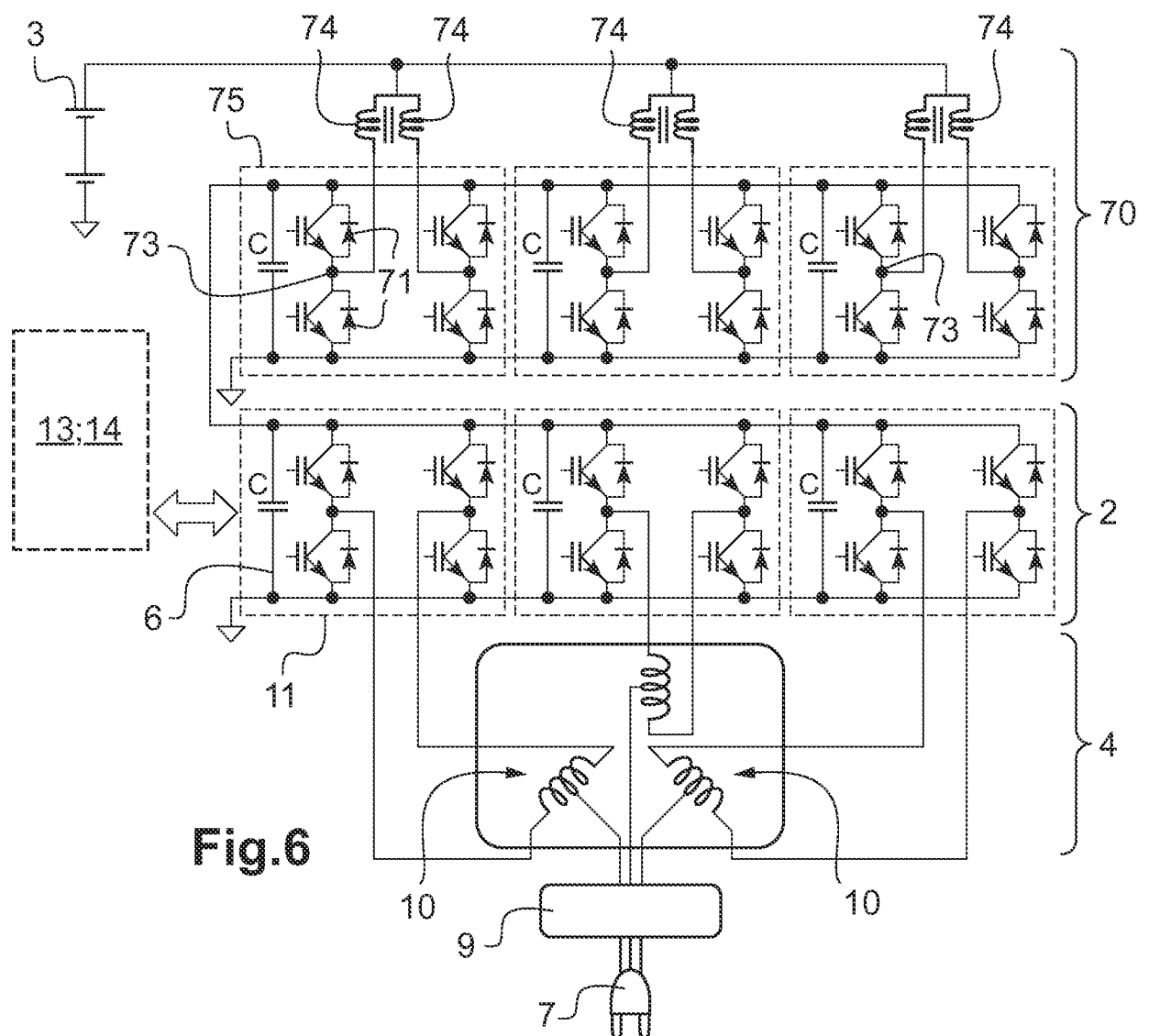
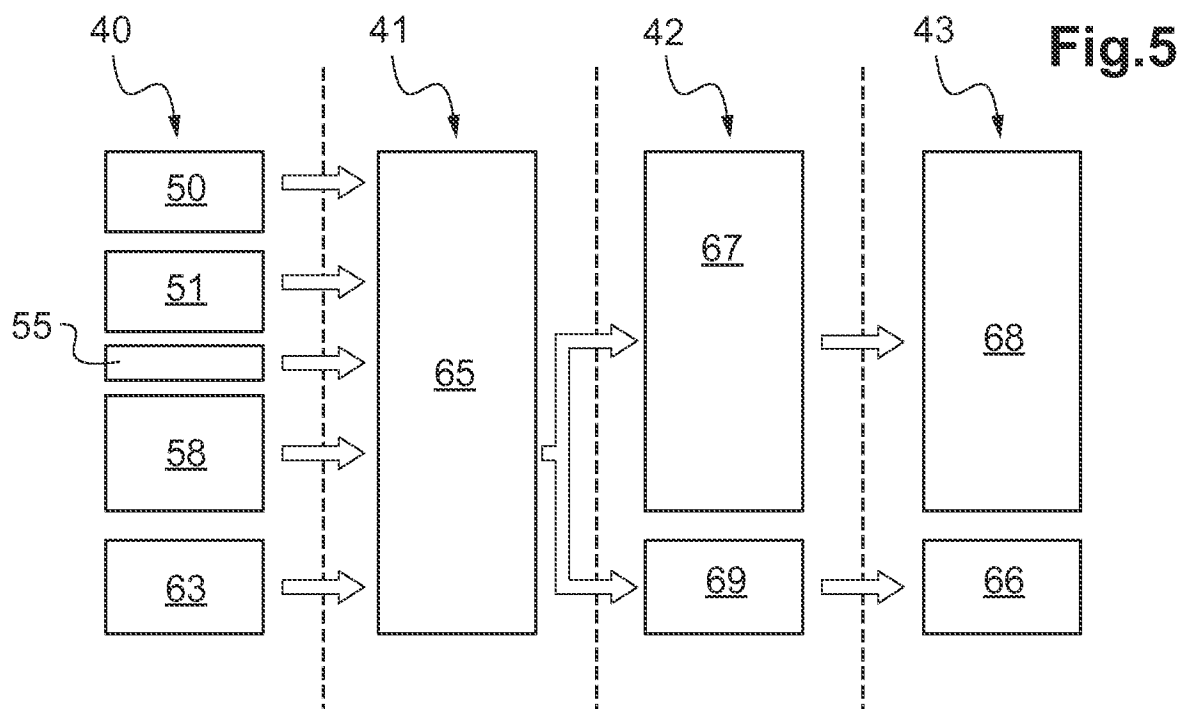


Fig.2





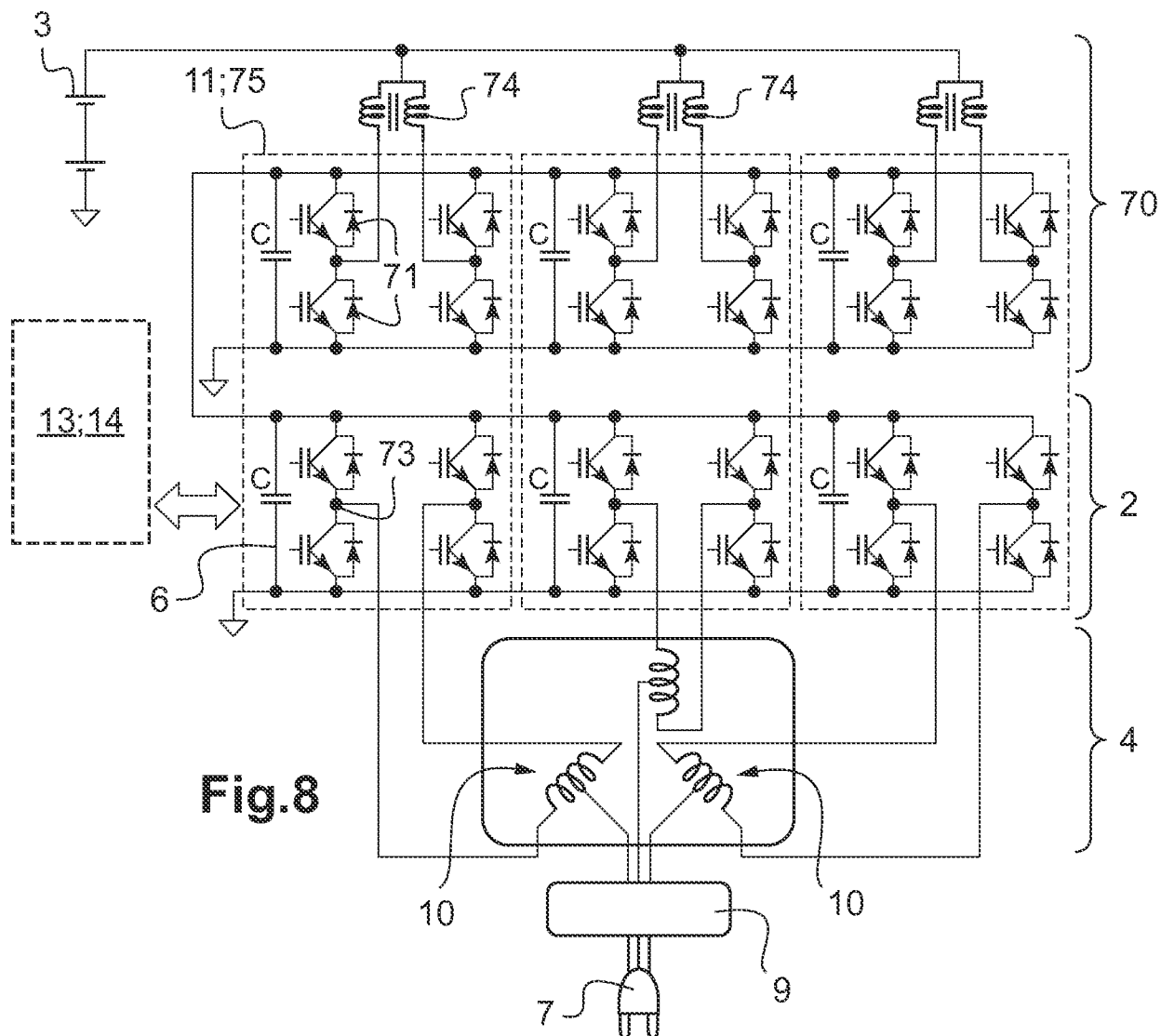
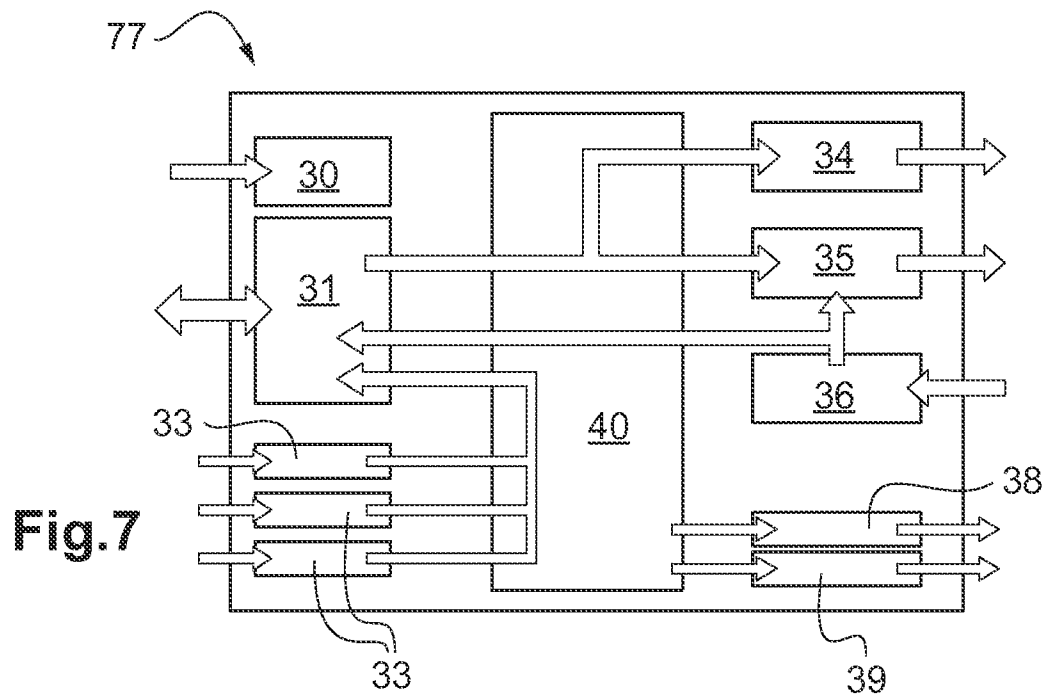
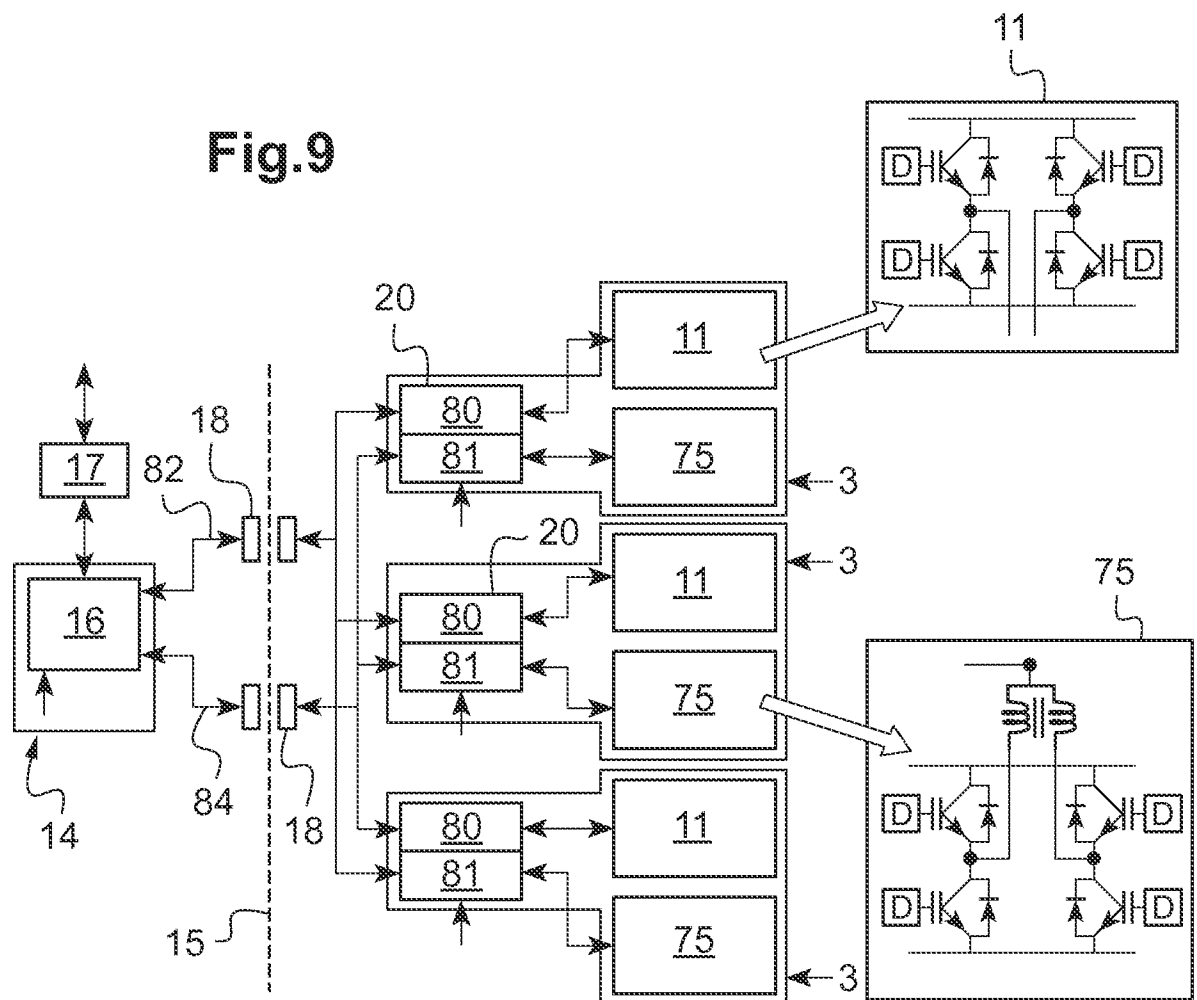


Fig.9**Fig.10**