



(51) Classification internationale des brevets :

H02M 1/08 (2006.01) H02M 1/32 (2007.01)
H02M 7/5387 (2007.01) H02M 1/36 (2007.01)
H02M 1/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2020/067430

(22) Date de dépôt international :

23 juin 2020 (23.06.2020)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

FR1907177 28 juin 2019 (28.06.2019) FR

(71) **Déposant : VALEO SYSTEMES DE CONTROLE MOTEUR** [FR/FR] ; 14 Avenue des Béguines, 95892 Cergy Pontoise (FR).

(72) **Inventeur : NIKOLIC, David** ; C/o VALEO SYSTEMES DE CONTROLE MOTEUR 14 Avenue des Béguines, 95892 Cergy Pontoise (FR).

(74) **Mandataire : MOZELLE, Gérard** ; VALEO SYSTEMES DE CONTROLE MOTEUR 14, Avenue des Béguines, 95892 CERGY PONTOISE (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,

(54) **Title:** SYSTEM FOR CONTROLLING A SWITCHING ARM

(54) **Titre :** SYSTÈME DE COMMANDE D'UN BRAS DE COMMUTATION

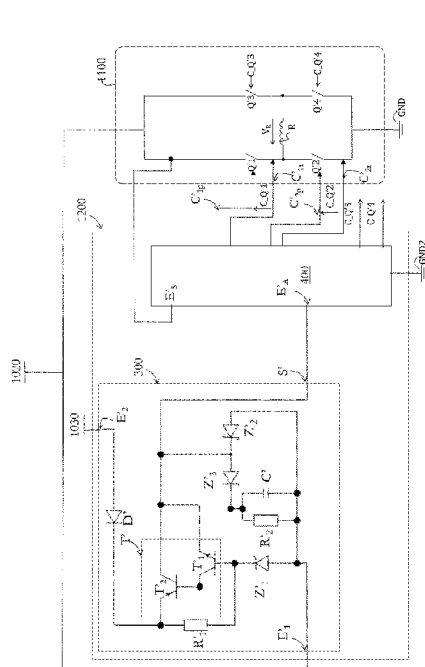


Fig. 8

(57) **Abstract:** System (120) for controlling a switching arm suitable for connecting a phase of a rotor or a stator (U, V, W) of a rotating electric machine (106) for a motor vehicle to a first electrical supply (102), the arm comprising a high side switch (Q1) and a low side switch (Q2), the high side switch (Q1) being intended to be connected by a first terminal to one end of the phase and by a second terminal to the first electrical supply (102), the low side switch (Q2) being intended to be connected between the end of the phase (U, V, W) and a first electrical ground (GND), the system (100) comprising: • a voltage offset circuit (30, 300) comprising: - a first input (E1, E'1) intended to be connected to the first power supply (102, 1020), and - an output (S, S'), the voltage delivered to the output (S, S') being equal to the voltage present at the first input plus a first offset voltage (Vd1) when the voltage present at the first input is less than a first threshold (S1), and otherwise equal to the voltage of the first input plus a second offset voltage (Vd2), • a device for controlling (40, 400) the switches (Q1-Q2, Q'1-Q'2) 20 designed to selectively open and close the switches (Q1-Q2, Q'1-Q'2), the control device (40, 400) comprising a power input (Ea) connected to the output (S, S') of the voltage offset circuit (30, 300).

(57) **Abrégé :** Système de commande (120) d'un bras de commutation destiné à connecter une phase d'un rotor ou d'un stator (U, V, W) d'une machine électrique tournante (106) pour véhicule automobile à une première alimentation électrique (102), ledit bras comprenant un interrupteur de côté haut (Q1) et un interrupteur de côté bas (Q2), l'interrupteur de côté haut (Q1) étant destiné à être connecté par une première borne à une extrémité de ladite phase et par une deuxième borne à la première alimentation électrique (102), l'interrupteur de côté bas (Q2) étant destiné à être connecté entre l'extrémité de ladite phase (U, V, W) et

KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, 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).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

une première masse électrique (GND), le système (100) comprenant : • un circuit de décalage de tension (30, 300) comprenant : o une première entrée (E1, E'1) destinée à être connectée à la première alimentation électrique (102, 1020), et o une sortie (S, S'), la tension délivrée sur la sortie (S, S') étant égale à la tension présente sur la première entrée additionnée à une première tension de décalage (Vd1) lorsque la tension présente sur la première entrée est inférieure à un premier seuil (S1), et à la tension de la première entrée additionnée à une deuxième tension de décalage (Vd2) sinon, • un dispositif de commande (40, 400) des interrupteurs (Q1-Q2, Q'1-Q'2) 20 conçus pour sélectivement ouvrir et fermer lesdits interrupteurs (Q1-Q2, Q'1-Q'2), ledit dispositif de commande (40, 400) comprenant une entrée d'alimentation (Ea) connectée à ladite sortie (S, S') dudit circuit de décalage de tension (30, 300).

Description

Titre de l'invention : Système de commande d'un bras de commutation

La présente invention est relative aux système de commande d'un bras de commutation destiné à connecter une phase d'un rotor ou d'un stator d'une machine électrique tournante pour véhicule automobile à une première alimentation électrique. Elle concerne également un système de pilotage d'un stator d'un moteur électrique et un système électrique comprenant un tel système de pilotage. Elle concerne en outre un système d'excitation d'un rotor comprenant au moins une phase électrique et un ensemble électrique comprenant un tel système d'excitation.

Il est connu d'utiliser un système de commande d'un bras de commutation destiné à connecter une phase d'un rotor ou d'un stator d'une machine électrique tournante pour véhicule automobile à une première alimentation électrique, ledit bras comprenant un interrupteur de côté haut et un interrupteur de côté bas, l'interrupteur de côté haut étant destiné à être connecté par une première borne à une extrémité de ladite phase et par une deuxième borne à la première alimentation électrique, l'interrupteur de côté bas étant destiné à être connecté entre l'extrémité de ladite phase et une première masse électrique, le système comprenant un dispositif de commande des interrupteurs conçus pour sélectivement ouvrir et fermer lesdits interrupteurs, le dispositif de commande comprenant une entrée d'alimentation destinée à être connectée à cette première alimentation électrique.

Un tel système de commande permet de piloter un ou une pluralité de bras d'un convertisseur de tension pour alimenter en énergie le rotor ou le stator d'une machine électrique tournante pour véhicule automobile. Cette alimentation en énergie est réalisée à partir d'une première alimentation électrique qui est le plus souvent la batterie du véhicule.

La première alimentation électrique a une tension qui est susceptible de fortement varier, et en particulier de fortement chuter, en fonction de son état et des appels de courant liés aux variations de charges de la première alimentation électrique. Cette chute de tension peut être telle que le dispositif de commande insuffisamment alimenté n'est plus en mesure de fonctionner correctement.

A cet effet, l'invention concerne, selon un premier aspect, un système de commande d'un bras de commutation destiné à connecter une phase d'un rotor ou d'un stator d'une machine électrique tournante pour véhicule automobile à une première alimentation électrique, ledit bras comprenant un interrupteur de côté haut et un interrupteur de côté bas, l'interrupteur de côté haut étant destiné à être connecté par une première borne à une extrémité de ladite phase et par une deuxième borne à la première alimentation électrique, l'interrupteur de côté bas étant destiné à être connecté entre l'extrémité de ladite phase et une première masse électrique, ce système de commande comprenant :

- 10 • un circuit de décalage de tension, ce circuit de décalage de tension comprenant une première entrée destinée à être connectée à la première alimentation électrique, et une sortie, la tension délivrée sur la sortie étant égale à la tension de la première entrée additionnée à une première tension de décalage lorsque la tension présente sur la première entrée est inférieure
15 à un premier seuil, et à la tension de la première entrée additionnée à une deuxième tension de décalage sinon, et
- 20 • un dispositif de commande des interrupteurs conçus pour sélectivement ouvrir et fermer lesdits interrupteurs, ledit dispositif de commande comprenant une entrée d'alimentation connectée à ladite sortie dudit circuit de décalage de tension.

Par interrupteur de côté haut ou de côté bas, on entend un interrupteur électronique d'alimentation, par exemple de type transistor IGBT (de l'anglais « Insulated Gate Bipolar Transistor ») ou encore de type transistor à effet de champ métal-oxyde, connu aussi sous l'acronyme MOSFET de l'anglais (« Metal Oxide Semiconductor
25 Field Effect Transistor »).

Ainsi, le système de commande selon le premier aspect de l'invention comprend un circuit de décalage de tension qui alimente, à partir de la première alimentation électrique, le dispositif de commande des interrupteurs du bras de commutation. Le circuit de décalage de tension permet d'assurer que la tension d'alimentation du
30 dispositif de commande soit toujours supérieure à la tension minimale d'alimentation permettant à ce dispositif de commande de fonctionner correctement, et cela même

lorsque la tension de la première alimentation électrique chute fortement, notamment au moment du démarrage de la machine électrique tournante.

Le système de commande selon le premier aspect de l'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées

5 individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

De façon optionnel, la première alimentation électrique est une batterie.

De façon optionnel, le circuit de décalage de tension comprend en outre

- une deuxième entrée destinée à être connectée à une deuxième alimentation électrique, et
- 10 • un transistor bipolaire de type NPN dont l'émetteur est connecté à ladite sortie et dont le collecteur est connecté à ladite deuxième entrée,
- une diode zener dont la cathode est connectée à la base dudit transistor bipolaire et dont l'anode est connectée à la première entrée, et
- une première résistance connectée entre la base et le collecteur dudit
- 15 transistor bipolaire.

De façon optionnel, le circuit de décalage de tension comprend en outre une première diode dont l'anode est connectée à ladite première entrée et dont la cathode est connectée à ladite sortie.

De façon optionnelle, la première diode est une diode schottky.

20 De façon optionnelle, la première diode n'est pas une diode zener.

De façon optionnel, le circuit de décalage comprend en outre :

- une deuxième diode connectée par son anode à la cathode de la première diode,
- une capacité connectée en parallèle avec une deuxième résistance,
- 25 l'association en parallèle de ladite capacité et de ladite deuxième résistance étant connectée entre la cathode de la deuxième diode et la première entrée.

De façon optionnelle, la deuxième diode est une diode schottky.

De façon optionnelle, la deuxième diode n'est pas une diode zener.

De façon optionnel, le circuit de décalage comprend en outre une troisième diode, le collecteur dudit transistor bipolaire étant connecté à ladite deuxième entrée par
5 l'intermédiaire de ladite troisième diode, l'anode de ladite troisième diode étant connectée à ladite deuxième entrée.

De façon optionnel le transistor bipolaire de type NPN est réalisé par un montage pseudo-Darlington, dit paire de Sziklai.

De façon optionnel, le dispositif de commande comprend en outre une entrée de
10 mesure destiné à être connectée à ladite deuxième borne dudit interrupteur de côté haut, et ledit dispositif de commande est conçu pour commander lesdits interrupteurs seulement lorsque la différence de tension entre la tension présente sur l'entrée d'alimentation et la tension présente sur l'entrée de mesure est inférieure à un deuxième seuil.

15 Ainsi, le dispositif de commande est prévu pour fonctionner avec une tension d'alimentation identique à la tension de la première alimentation électrique qui alimente le bras de commutation, si bien qu'un écart trop important entre ces deux tensions est diagnostiqué par le dispositif de commande comme une déconnexion électrique entre le bras de commutation et la première alimentation électrique. Le
20 circuit de décalage de tension permet donc d'alimenter le dispositif de commande par une tension qui suit la tension de la première alimentation électrique en rehaussant celle-ci lorsqu'elle est trop basse, tout en maintenant un écart suffisamment petit entre la tension d'alimentation du dispositif de commande et la tension de la première alimentation électrique pour que le dispositif de commande
25 ne détecte pas de façon erronée une déconnexion de la batterie.

De façon optionnelle, l'interrupteur de côté haut et l'interrupteur de côté bas sont des transistors MOSFET ou des transistors IGBT.

Selon un deuxième aspect de l'invention, il est proposé un système de pilotage d'un
30 stator d'un moteur électrique comprenant un convertisseur de tension destiné à connecter les phases du stator à une première alimentation électrique conçue pour

fournir au convertisseur de tension une première tension continue par rapport à une première masse électrique, le convertisseur de tension comportant, pour chaque phase, un bras comprenant un interrupteur de côté haut et un interrupteur de côté bas, l'interrupteur de côté haut étant destiné à être connecté entre une extrémité de la phase considérée et la première alimentation électrique, l'interrupteur de côté bas étant destiné à être connecté entre l'extrémité de la phase considérée et la première masse électrique, le système de pilotage comprenant en outre pour chaque bras, un système de commutation conçus pour sélectivement ouvrir et fermer les interrupteurs de côté haut et de côté bas de ce bras, le système de pilotage étant caractérisé en ce que pour au moins un bras, le système de commutation conçus pour sélectivement ouvrir et fermer les interrupteurs de côté haut et de côté bas dudit au moins un bras est un système de commande dudit au moins un bras selon le premier aspect de l'invention.

Selon un troisième aspect de l'invention, il est proposé un système électrique comportant un moteur électrique ayant un stator comportant plusieurs phases, et un système de pilotage dudit stator selon le deuxième aspect de l'invention.

De façon optionnelle, le système électrique comprend en outre une première alimentation électrique conçue pour fournir une première tension continue par rapport à une première masse électrique, et

Selon un quatrième aspect de l'invention, il est proposé un système d'excitation d'un rotor ayant au moins une phase, ledit système d'excitation comprenant :

- un pont en H comprenant :
- un premier bras de commutation destiné à connecter une première extrémité de ladite au moins une phase du rotor à une première alimentation électrique, ledit premier bras comprenant un premier interrupteur de côté haut et un premier interrupteur de côté bas, le premier interrupteur de côté haut étant destiné à être connecté par une première borne à une première extrémité de ladite au moins une phase et par une deuxième borne à la première alimentation électrique, le premier interrupteur de côté bas étant destiné à être connecté entre la première extrémité de ladite au moins une phase et une première masse électrique, et

- un deuxième bras de commutation destiné à connecter une deuxième extrémité de ladite au moins une phase du rotor à la première alimentation électrique, ledit deuxième bras comprenant un deuxième interrupteur de côté haut et un deuxième interrupteur de côté bas, le deuxième interrupteur de côté haut étant destiné à être connecté par une première borne à ladite deuxième extrémité de ladite au moins une phase et par une deuxième borne à la première alimentation électrique, le deuxième interrupteur de côté bas étant destiné à être connecté entre ladite deuxième extrémité de ladite au moins une phase et la première masse électrique, et
- 10 • un système de commande dudit premier bras de commutation selon le premier aspect de l'invention.

De façon optionnel, le dispositif de commande du système de commande du système d'excitation est également conçu pour sélectivement ouvrir et fermer le deuxième interrupteur de côté bas du deuxième bras de commutation.

- 15 Selon un cinquième aspect de l'invention, il est proposé un ensemble électrique comportant un moteur électrique ayant un stator et un rotor, ledit rotor comportant au moins une phase, et un système d'excitation dudit stator selon le quatrième aspect de l'invention.

- 20 De façon optionnelle, l'ensemble électrique comprend en outre une première alimentation électrique conçue pour fournir une première tension continue par rapport à une première masse électrique.

Brève description des dessins

[Fig.1] représente un système électrique selon un premier mode de réalisation de l'invention.

- 25 [Fig.2] représente un système de pilotage selon le premier mode de réalisation de l'invention.

[Fig.3] représente l'évolution simultanée de la tension présente sur la sortie du circuit de décalage de tension et de la tension de la première alimentation électrique lors d'une variation lente de cette dernière tension.

[Fig.4] représente l'évolution simultanée de la tension présente sur la sortie du circuit de décalage de tension et de la tension de la première alimentation électrique lors d'une variation brusque de cette dernière tension dans le cas où le circuit de décalage comprend un circuit de suivi et lorsqu'il n'en comprend pas.

- 5 [Fig.5] représente une variante de réalisation d'un système de pilotage selon le premier mode de réalisation de l'invention.

[Fig.6] représente un ensemble électrique selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

- 10 [Fig.7] représente un système d'excitation d'un rotor selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

[Fig.8] représente une variante de réalisation d'un système d'excitation selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

- 15 En référence à la [Fig.1], un système électrique 100 selon un premier mode de réalisation de l'invention va à présent être décrit. Le système électrique 100 est par exemple destiné à être implémenté dans un véhicule automobile.

- 20 Le système électrique 100 comporte tout d'abord une première alimentation électrique 102 comportant une borne positive B+ et une borne négative B-, cette dernière étant généralement connectée à une première masse électrique GND. La première alimentation électrique 102 est conçue pour fournir une première tension d'entrée E, par exemple de 12 V, continue entre ces bornes. La première alimentation électrique 102 est non régulée. En d'autres termes, la tension d'entrée E peut varier fortement, par exemple entre quelques volts (typiquement 3 à 5 V) et 20 à 25 volts. Par exemple la première alimentation électrique est une batterie du véhicule automobile.

- 25 Le système électrique 100 comporte en outre une machine électrique tournante 106 comportant des phases statoriques U, V, W dont, dans l'exemple décrit, des premières extrémités respectives sont connectées à un point neutre N. Dans l'exemple décrit, la machine électrique tournante 106 est une machine électrique triphasée. En variante, la machine électrique tournante 106 peut être une machine

électrique tournante polyphasée comportant un nombre de phases différent de trois, par exemple six.

La machine électrique tournante 106 est dans l'exemple décrit ici une machine électrique tournante synchrone à aimants permanents. En variante, la machine électrique tournante 106 peut être une machine électrique tournante synchrone a rotor bobiné. Dans une autre variante, la machine électrique tournante 106 peut être une machine électrique tournante asynchrone.

Le système électrique 100 comporte en outre un système de pilotage 116 du stator de la machine électrique tournante 106.

- 10 Le système de pilotage 116 comporte un convertisseur de tension 110 et un système de commutation 120.

Le convertisseur de tension 110 est connecté, d'une part, aux bornes B+, B- de la première alimentation électrique 102 et, d'autre part, à la machine électrique 106 pour alimenter les phases statoriques U, V, W de la machine électrique 106 à partir de la première alimentation électrique 102.

Le convertisseur de tension 110 comporte en outre des bras respectivement associés aux phases statoriques U, V, W. Chaque bras comporte un interrupteur de côté haut Q1, Q3, Q5 connecté à la borne B+ et un interrupteur de côté bas Q2, Q4, Q6 connecté à la borne B-. L'interrupteur de côté haut et l'interrupteur de côté bas sont en outre connectés l'un à l'autre en un point milieu P_U, P_V, P_W connecté à la phase statorique U, V, W associée. Chaque bras est destiné à être commandé par le système de commutation 120 pour commuter entre deux configurations. Dans la première, dite configuration haute, l'interrupteur de côté haut est fermé et l'interrupteur de côté bas est ouvert de sorte que la tension d'entrée E est appliquée à une deuxième extrémité de la phase statorique U, V, W associée. Dans la deuxième, dite configuration basse, l'interrupteur de côté haut est ouvert et l'interrupteur de côté bas est fermé de sorte qu'une tension nulle est appliquée à la deuxième extrémité de la phase statorique U, V, W associée. Le convertisseur de tension 110 est commandé pour faire commuter chaque bras entre ces deux configurations, de manière à réguler les courants parcourant les phases statoriques U, V, W.

Chaque interrupteur Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 comporte dans l'exemple décrit un transistor à effet de champ à grille isolée (également désigné par l'acronyme MOSFET de l'anglais « *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* »). En variante, chaque interrupteur est un transistor bipolaire à grille isolée (également désigné par l'acronyme IGBT, de l'anglais « *Insulated Gate Bipolar Transistor* »).

Le système de commutation 120 est conçu pour transmettre des commandes d'ouverture ou de fermeture C_Q1, C_Q2, C_Q3, C_Q4, C_Q5, C_Q6 à chacun des interrupteurs Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6.

Le système électrique 100 comporte en outre une capacité 104 connectée entre les bornes B+, B-. La capacité 104 comporte par exemple un ou plusieurs condensateurs, par exemple des condensateurs chimiques.

En référence à la [Fig.2], le système électrique 100 comporte également une deuxième alimentation électrique 103, celle-ci étant généralement connectée à une deuxième masse électrique GND2. Cette deuxième alimentation électrique 103 est conçue pour fournir une deuxième tension d'entrée. Cette deuxième tension d'entrée V est, par exemple de 14 V. Dans l'exemple décrit ici, la deuxième tension d'entrée V est régulée

Dans l'exemple décrit ici, la première masse électrique GND et la deuxième masse électrique GND2 sont reliées entre elles et ne forme qu'une seule masse électrique. En variante, elles peuvent être séparées l'une de l'autre et former deux masses électriques distinctes.

Le système de commutation 120 comprend en outre un circuit de décalage de tension 30 et un dispositif de commande 40 des bras du convertisseur de tension 110.

Le système de commutation 120 comporte en outre, pour chaque bras du convertisseur de tension 110, une connexion de côté haut et une connexion de côté bas.

Les connexions de côté haut sont connectées, d'une part, au dispositif de commande 40 et, d'autre part, respectivement aux interrupteurs de côté haut Q1, Q3, Q5. Chaque connexion de côté haut comporte un conducteur principal de côté

haut C_{1p} , C_{3p} , C_{5p} et un conducteur de référence de côté haut C_{1r} , C_{3r} , C_{5r} . Chaque conducteur principal de côté haut C_{1p} , C_{3p} , C_{5p} est connecté à la grille du MOSFET ou de l'IGBT de l'interrupteur de côté haut Q1, Q3, Q5 associé. Chaque conducteur de référence de côté haut C_{1r} , C_{3r} , C_{5r} est connecté à la source du MOSFET ou de l'IGBT de l'interrupteur de côté haut Q1, Q3, Q5 associé

De même, les connexions de côté bas sont connectées, d'une part, au dispositif de commande 40 et, d'autre part, respectivement aux interrupteurs de côté bas Q2, Q4, Q6. Chaque connexion de côté bas comporte un conducteur principal de côté bas C_{2p} , C_{4p} , C_{6p} et un conducteur de référence de côté bas C_{2r} , C_{4r} , C_{6r} . Chaque conducteur principal de côté bas C_{2p} , C_{4p} , C_{6p} est connecté à la grille du MOSFET ou de l'IGBT de l'interrupteur de côté bas associé. Chaque conducteur de référence de côté bas C_{2r} , C_{4r} , C_{6r} est connecté à la source du MOSFET ou de l'IGBT de l'interrupteur de côté bas associé. Dans l'exemple décrit, la source des transistors des interrupteurs de côté bas Q2, Q4, Q6 est connectée à la première masse électrique GND, de sorte que les conducteurs de référence de côté bas C_{2r} , C_{4r} , C_{6r} sont connectés à la première masse électrique GND.

Le dispositif de commande 40 est conçu pour appliquer des commandes C_Q1 , C_Q3 , C_Q5 sous la forme de tensions de commande sur les connexions de côté haut (entre le conducteur principal de côté haut et le conducteur de référence de côté haut) pour sélectivement ouvrir/fermer les interrupteurs de côté haut Q1, Q3, Q5.

De même, le dispositif de commande 40 est conçu pour appliquer des commandes C_Q2 , C_Q4 , C_Q6 sous la forme de tensions de commande sur les connexions de côté bas (entre le conducteur principal de côté bas et le conducteur de référence de côté bas – c'est-à-dire la première masse électrique GND) pour sélectivement ouvrir/fermer les interrupteurs de côté bas Q2, Q4, Q6.

Le dispositif de commande est conçu pour que chaque tension de commande qu'il applique prenne alternativement un niveau haut, par exemple compris entre 13 et 15 V, de fermeture de l'interrupteur Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 et un niveau bas, par exemple de 0V, d'ouverture de l'interrupteur Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6.

Le dispositif de commande 40 comprend en outre une entrée d'alimentation électrique E_A .

Le circuit de décalage de tension 30 comprend :

- une première entrée E_1 connectée à la première alimentation électrique 102,
- 5 • une deuxième entrée E_2 connectée à la deuxième alimentation électrique 103,
- une sortie S connectée à l'entrée E_A du dispositif de commande 40,
- un transistor bipolaire de type NPN T dont l'émetteur est connecté à la sortie S et dont le collecteur est connecté à la deuxième entrée E_2 ,
- 10 • une diode zener Z_1 dont la cathode est connectée à la base du transistor bipolaire T et dont l'anode est connectée à la première entrée E_1 , et
- une première diode Z_2 dont l'anode est connectée à la première entrée E_1 et dont la cathode est connectée à la sortie S,
- 15 • une première résistance R1 connectée entre la base et le collecteur dudit transistor bipolaire T, cette première résistance R1 permettant de polariser la diode zener Z_1

De façon préférentielle, la première diode Z_2 est une diode schottky.

Il est à noter que le système de commutation 120 constitue un système de commande selon l'invention du bras de commutation formé par les transistors Q1 et Q2.

Dans l'exemple décrit ici, le circuit de décalage 30 comprend en outre une troisième diode D. Le collecteur du transistor bipolaire T est connecté à la deuxième entrée E_2 par l'intermédiaire de cette troisième diode D. En d'autres termes, l'anode de la troisième diode D est connectée à la deuxième entrée E_2 et la cathode de la

25 troisième diode D est connectée au collecteur du transistor bipolaire T. La troisième diode D permet de limiter le courant de fuite consommé sur la première alimentation électrique lorsque le moteur électrique 106 et le système de pilotage 116 sont éteints.

En variante, le circuit de décalage 30 ne comprend pas de troisième diode D telle que décrite précédemment.

Lorsque la première alimentation électrique 102 délivre une tension continue E inférieure à un premier seuil S1 égal à la tension de la deuxième alimentation électrique 103, par exemple lors de la phase initiale de démarrage de la machine électrique tournante, la tension présente ou délivrée sur la sortie S du circuit de décalage de tension 30 est égale à la tension présente sur la première entrée additionnée d'une première tension de décalage V_{d1} . Cette première tension de décalage V_{d1} est égale à la tension de seuil de la diode Zener Z_1 diminuée de la tension présente entre la base et l'émetteur du transistor T.

Lorsque la première alimentation électrique 102 délivre une tension continue E supérieure au premier seuil S1, la tension présente ou délivrée sur la sortie S du circuit de décalage de tension 30 est égale à la tension présente sur la première entrée additionnée à une deuxième tension de décalage. Cette deuxième tension de décalage V_{d2} est égale à l'opposé de la tension de seuil de la première diode Z_2 . En d'autres termes, dans l'exemple décrit ici, la deuxième tension de décalage V_{d2} est négative.

Ainsi, comme cela est représenté à la [Fig.3], la tension présente ou délivrée sur la sortie S du circuit de décalage de tension 30 suit, à un décalage de tension près, la tension de la première alimentation électrique 102 présente sur la première entrée E_1 . En particulier, lorsque la tension de la première alimentation électrique 102 est inférieure au premier seuil S1, le circuit de décalage de tension 30 augmente d'une tension de décalage V_{D1} positive la tension de la première alimentation électrique 102 de sorte que la tension présente sur l'entrée d'alimentation électrique E_a du dispositif de commande 40 soit suffisante pour que celui-ci fonctionne correctement.

Le dimensionnement de la diode Zener Z_1 et du transistor T est réalisé de telle sorte que lorsque la tension délivrée par la première alimentation électrique atteint son minima, la tension présente sur la deuxième sortie S reste supérieure à la tension minimale requise pour faire fonctionner le dispositif de commande 40. Ainsi, même lorsque la tension fournie par la première alimentation électrique diminue fortement, le dispositif de commande 40 reste suffisamment alimentée pour fonctionner

correctement et piloter/commander à l'ouverture et à la fermeture les interrupteurs Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6.

Dans l'exemple de réalisation décrit ici, le circuit de décalage 30 comprend en outre de façon optionnelle un circuit de suivi comprenant une deuxième diode Z_3

- 5 connectée par son anode à la cathode de la première diode Z_2 et une capacité C connectée en parallèle avec une deuxième résistance R_2 . L'association en parallèle de la capacité C et de la deuxième résistance R_2 est connectée entre la cathode de la deuxième diode Z_3 et la première entrée E_1 .

De façon préférentielle, la deuxième diode Z_3 est une diode schottky.

- 10 Le circuit de suivi permet à la tension présente ou délivrée sur la sortie S du circuit de décalage de tension 30 de suivre plus rapidement une chute de tension brutale de la première alimentation électrique 102, chute de tension due par exemple à un court-circuit au niveau du convertisseur de tension 110.

- 15 A titre d'exemple, la [Fig.4] représente l'évolution simultanée au cours du temps de la tension présente sur la sortie S du circuit de décalage de tension et de la tension de la première alimentation électrique lorsque le circuit de décalage comprend un circuit de suivi ([Fig.4] a) et lorsqu'il n'en comprend pas ([Fig.4] b).

- 20 Comme cela est visible sur la [Fig.4], la tension présente ou délivrée sur la sortie S du circuit de décalage de tension 30 suit plus rapidement la tension de la première alimentation électrique 102 lorsque le circuit de décalage 30 comprend un circuit de suivi que lorsqu'il n'en comprend pas.

- Dans l'exemple de réalisation décrit ici, le dispositif de commande 40 comprend en outre optionnellement une entrée de mesure E_s destinée à être connectée à la borne de l'interrupteur de côté haut Q1 connectée à la première alimentation électrique
- 25 102. En variante, l'entrée de mesure peut être connectée à la borne de l'interrupteur de côté haut Q3 ou Q5 connectée à la première alimentation électrique. Lorsque le dispositif de commande 40 comprend une entrée de mesure E_s , ce dispositif de commande 40 est également conçu pour commander les interrupteurs du convertisseur de tension 110 seulement lorsque la différence de tension entre la
- 30 tension présente sur l'entrée d'alimentation E_A et la tension présente sur l'entrée de mesure E_s est inférieure à un deuxième seuil, par exemple de 5 V. Dans le mode de

réalisation décrit ici, le deuxième seuil est non nul et paramétrable au niveau du dispositif de commande 40.

Ainsi, en comparant les tensions sur ses bornes d'entrée E_A et E_S le dispositif de commande 40 est en mesure de détecter une déconnexion entre le convertisseur de tension 110 et la première alimentation électrique. Lorsqu'une telle déconnexion est détectée le dispositif de commande 40 cesse de commander à l'ouverture ou à la fermeture les interrupteurs Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6.

Il est à noter que si l'entrée E_A du dispositif de commande 40 était alimentée directement par la deuxième alimentation électrique 103 et non par le circuit de décalage de tension 30, le dispositif de commande 40 interpréterait de façon erronée une chute importante de la tension de la première alimentation électrique, par exemple lors du démarrage du moteur 106, comme une déconnexion électrique entre le convertisseur de tension 110 et la première alimentation électrique 112. Ainsi, le circuit de décalage de tension 30 permet d'éviter de telle détection erronée.

En référence à la [Fig.5], nous allons maintenant décrire une variante de réalisation du système électrique 120 décrit précédemment en relation avec la [Fig.2].

Dans cette variante de réalisation, le transistor bipolaire de type NPN T est réalisé par un montage pseudo-Darlington à deux transistors T1 et T2, dit paire de Sziklai. Le transistor T1 est un transistor bipolaire de type NPN et le transistor T2 est un transistor bipolaire de type PNP. Dans ce montage pseudo-Darlington, le collecteur du transistor T1 est connectée à la base du transistor T2 et l'émetteur du transistor T1 est connecté au collecteur du transistor T2. La base du transistor T1, l'émetteur du transistor T1 et l'émetteur du transistor T2 réalisent respectivement la base, l'émetteur et le collecteur du transistor T.

Ce montage pseudo-Darlington permet en particulier d'éviter une injection de courant à partir de la première alimentation électrique vers la deuxième alimentation électrique lorsque la première alimentation a une tension supérieure à la deuxième.

En référence à la [Fig.6], un ensemble électrique 1000 selon un deuxième mode de réalisation de l'invention va à présent être décrit. L'ensemble électrique 1000 est lui aussi par exemple destiné à être implémenté dans un véhicule automobile.

L'ensemble électrique 1000 comporte tout d'abord une première alimentation électrique 1020 comportant une borne positive B_{0+} et une borne négative B_{0-} , cette dernière étant généralement connectée à une première masse électrique GND. La première alimentation électrique 1020 est conçue pour fournir une première tension d'entrée E' , par exemple de 12V, continue entre ces bornes. . La première alimentation électrique 1020 est non régulée. En d'autres termes, la tension d'entrée E' peut varier fortement, par exemple entre quelques volts (typiquement 3 à 5 V) et 20 à 25 volts. Par exemple la première alimentation électrique 1020 est une batterie du véhicule automobile.

- 10 Le système électrique 1000 comporte en outre une machine électrique 1060 comportant des phases statoriques U' , V' , W' dont, dans l'exemple décrit, des premières extrémités respectives sont connectées à un point neutre N' . Dans l'exemple décrit, la machine électrique 1060 est une machine électrique triphasée. En variante, la machine électrique 1060 peut être une machine électrique
- 15 comportant un nombre de phases différent de trois, par exemple six.

La machine électrique 1060 est dans l'exemple décrit ici une machine électrique synchrone à rotor bobiné, dont le rotor comporte une seule phase R. En variante, le rotor bobiné peut être polyphasé.

- L'ensemble électrique 1000 comporte en outre un convertisseur de tension 1080. Le
- 20 convertisseur de tension 1080 est connecté, d'une part, aux bornes B_{0+} , B_{0-} de la première alimentation électrique 1020 et, d'autre part, à la machine électrique 1060 pour alimenter les phases statoriques U' , V' , W' de la machine électrique 1060 à partir de la première alimentation électrique 1020.

- Le convertisseur de tension 1080 comporte en outre des bras respectivement
- 25 associés aux phases statoriques U' , V' , W' . Chaque bras comporte un interrupteur de côté haut connecté à la borne B_{0+} et un interrupteur de côté bas connecté à la borne B_{0-} . L'interrupteur de côté haut et l'interrupteur de côté bas sont en outre connectés l'un à l'autre en un point milieu P'_{U} , P'_{V} , P'_{W} connecté à la phase statorique U' , V' , W' associée. Chaque bras est destiné à être commandé par un
- 30 module de commande (non représenté) pour commuter entre deux configurations. Dans la première, dite configuration haute, l'interrupteur de côté haut est fermé et

l'interrupteur de côté bas est ouvert de sorte que la tension d'entrée E' est appliquée à une deuxième extrémité de la phase statorique U' , V' , W' associée. Dans la deuxième, dite configuration basse, l'interrupteur de côté haut est ouvert et l'interrupteur de côté bas est fermé de sorte qu'une tension nulle est appliquée à la deuxième extrémité de la phase statorique U' , V' , W' associée. Le convertisseur de tension 1080 est commandé pour faire commuter chaque bras entre ces deux configurations, de manière à réguler les courants parcourant les phases statoriques U' , V' , W' .

Le système électrique 1000 comporte également un système d'excitation 1160 du stator R.

Le système d'excitation 1160 comprend un pont en H 1100 connecté aux bornes B_{0+} , B_{0-} pour fournir la tension rotorique V_R à l'enroulement rotorique R de la machine électrique 1060 à partir de la première alimentation électrique 1020, et un système de commande 1200.

Le pont en H 1100 comporte en outre deux bras respectivement associés à deux extrémités de l'enroulement rotorique R. Le premier bras comporte un interrupteur de côté haut $Q'1$ connecté à la borne B_{0+} et un interrupteur de côté bas $Q'2$ connecté à la borne négative B_{0-} de la première alimentation électrique 1020. L'interrupteur $Q'1$ et l'interrupteur $Q'2$ sont en outre connectés l'un à l'autre en un point milieu connecté à une première extrémité de l'enroulement rotorique R. Le deuxième bras comporte un interrupteur de côté bas $Q'4$ connecté à la borne négative de la première alimentation électrique 1020 et un interrupteur de côté haut $Q'3$ connecté à la borne B_{0+} . L'interrupteur $Q'3$ et l'interrupteur $Q'4$ sont en outre connectés l'un à l'autre en un point milieu connecté à une deuxième extrémité de l'enroulement rotorique R.

Chaque interrupteur $Q'1$, $Q'2$, $Q'3$, $Q'4$ comporte dans l'exemple décrit un transistor à effet de champ à grille isolée (également désigné par l'acronyme MOSFET de anglais « Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor »). En variante, chaque interrupteur est un transistor bipolaire à grille isolée (également désigné par l'acronyme IGBT, de l'anglais « Insulated Gate Bipolar Transistor »).

Le système de commande 1200 est conçu pour transmettre des commandes d'ouverture ou de fermeture C_Q'1, C_Q'2, C_Q'3, C_Q'4 à chacun des interrupteurs Q'1, Q'2, Q'3, Q'4. Il est à noter que le système de commande 1200 est un système de commande au sens de l'invention du bras formé par les interrupteurs Q'1 et Q'2.

Le système électrique 1000 comporte en outre une capacité 1040 connectée entre les bornes B₀₊, B₀₋. La capacité 1040 comporte par exemple un ou plusieurs condensateurs, par exemple des condensateurs chimiques.

En référence à la [Fig.7], le système électrique 1000 comporte également une deuxième alimentation électrique 1030, celle-ci étant généralement connectée à une deuxième masse électrique GND2. La deuxième alimentation électrique 1030 est conçue pour fournir une deuxième tension d'entrée V'. Cette deuxième tension d'entrée V' est, par exemple de 14 V. Dans l'exemple décrit ici, la deuxième tension d'entrée V' est régulée.

Le système de commande 1200 comprend un circuit de décalage de tension 300 et un dispositif de commande 400 des bras du pont en H 1100.

Le système de commande 1200 comporte en outre, pour chaque bras du pont en H 1100, une connexion de côté haut et une connexion de côté bas.

Les connexions de côté haut sont connectées, d'une part, au dispositif de commande 400 et, d'autre part, respectivement aux interrupteurs de côté haut Q'1, Q'3. Chaque connexion de côté haut comporte un conducteur principal de côté haut C'_{1p}, C'_{3p} et un conducteur de référence de côté haut C'_{1r}, C'_{3r}. Chaque conducteur principal de côté haut C'_{1p}, C'_{3p} est connecté à la grille du MOSFET ou de l'IGBT de l'interrupteur de côté haut Q'1, Q'3 associé. Chaque conducteur de référence de côté haut C'_{1r}, C'_{3r} est connecté à la source du MOSFET ou de l'IGBT de l'interrupteur de côté haut Q'1, Q'3 associé

De même, les connexions de côté bas sont connectées, d'une part, au dispositif de commande 400 et, d'autre part, respectivement aux interrupteurs de côté bas Q'2, Q'4. Chaque connexion de côté bas comporte un conducteur principal de côté bas C'_{2p}, C'_{4p} et un conducteur de référence de côté bas C'_{2r}, C'_{4r}. Chaque conducteur principal de côté bas C'_{2p}, C'_{4p} est connecté à la grille du MOSFET ou de l'IGBT de

l'interrupteur de côté bas associé. Chaque conducteur de référence de côté bas C'_{2r} , C'_{4r} est connecté à la source du MOSFET ou de l'IGBT de l'interrupteur de côté bas associé. Dans l'exemple décrit, la source des transistors des interrupteurs de côté bas $Q'2$, $Q'4$ est connectée à la première masse électrique GND, de sorte que les conducteurs de référence de côté bas C'_{2r} , C'_{4r} sont connectés à la première masse électrique GND.

Le dispositif de commande 400 est conçu pour appliquer les commandes $C_{Q'1}$, $C_{Q'3}$ sous la forme de tensions de commande sur les connexions de côté haut (entre le conducteur principal de côté haut et le conducteur de référence de côté haut) pour sélectivement ouvrir/fermer les interrupteurs de côté haut $Q'1$, $Q'3$.

De même, le dispositif de commande 400 est conçu pour appliquer des commandes $C_{Q'2}$, $C_{Q'4}$ sous la forme de tensions de commande sur les connexions de côté bas (entre le conducteur principal de côté bas et le conducteur de référence de côté bas – c'est-à-dire la première masse électrique GND) pour sélectivement ouvrir/fermer les interrupteurs de côté bas $Q'2$, $Q'4$.

Le dispositif de commande 400 est conçu pour que chaque tension de commande qu'il applique prenne alternativement un niveau haut, par exemple compris entre 13 et 15 V, de fermeture de l'interrupteur $Q'1$, $Q'2$, $Q'3$, $Q'4$ et un niveau bas, par exemple de 0V, d'ouverture de l'interrupteur $Q'1$, $Q'2$, $Q'3$, $Q'4$.

Les commandes $C_{Q'1}$, $C_{Q'2}$, $C_{Q'3}$, $C_{Q'4}$ sont générées par le dispositif de commande 400 afin d'entraîner en rotation l'enroulement rotorique R. Pour ce faire, le dispositif de commande 400 génère, selon un procédé d'excitation connu de l'homme du métier, des commandes $C_{Q'1}$, $C_{Q'2}$, $C_{Q'3}$, $C_{Q'4}$ afin de commuter régulièrement le sens du courant parcourant l'enroulement rotorique R lorsque celui-ci est alimenté par le pont en H 1100 relié à la première alimentation électrique 1020.

Le dispositif de commande 400 comprend en outre une entrée d'alimentation électrique E'_A .

Le circuit de décalage de tension 300 comprend :

- une première entrée E'_1 connectée à la première alimentation électrique 1020,
- une deuxième entrée E'_2 connectée à la deuxième alimentation électrique 1030,
- 5 • une sortie S' connectée à l'entrée E'_A du dispositif de commande 400,
- un transistor bipolaire de type NPN T' dont l'émetteur est connecté à la sortie S' et dont le collecteur est connecté à la deuxième entrée E'_2 ,
- une diode zener Z'_1 dont la cathode est connectée à la base du transistor bipolaire T' et dont l'anode est connectée à la première entrée E'_1 , et
- 10 • une première diode Z'_2 dont l'anode est connectée à la première entrée E'_1 et dont la cathode est connectée à la sortie S' ,
- une première résistance R'_1 connectée entre la base et le collecteur du transistor bipolaire T' , cette première résistance R'_1 permettant de polariser la diode zener Z'_1 .
- 15 De façon préférentielle, la première Z'_2 est une diode schottky.

Dans l'exemple décrit ici, le circuit de décalage 300 comprend en outre une troisième diode D' . Le collecteur du transistor bipolaire T' est connecté à la deuxième entrée E'_2 par l'intermédiaire de cette troisième diode D' . En d'autres termes, l'anode de la diode troisième D' est connectée à la deuxième entrée E'_2 et la cathode de la troisième diode D' est connectée au collecteur du transistor bipolaire T' . La troisième diode D' permet de limiter le courant de fuite consommé sur la première alimentation électrique lorsque le moteur électrique 1060 et le système de pilotage 1160 sont éteints. En variante, le circuit de décalage 300 ne comprend pas de troisième diode D' tel que décrit précédemment.

- 25 Lorsque la première alimentation électrique 1020 délivre une tension continue E' inférieure à un premier seuil $S1'$ égal à la tension V' de la deuxième alimentation électrique 1030, par exemple lors de la phase initiale de démarrage de la machine électrique tournante, la tension présente ou délivrée sur la sortie S' du circuit de décalage de tension 300 est égale à la tension présente sur la première entrée

additionnée d'une première tension de décalage V'_{d1} . Cette première tension de décalage V'_{d1} est égale à la tension de seuil de la diode Zener Z'_1 diminuée de la tension présente entre la base et l'émetteur du transistor T' .

5 Lorsque la première alimentation électrique 1020 délivre une tension continue E' supérieure au premier seuil S'_1 , la tension présente ou délivrée sur la sortie S' du circuit de décalage de tension 300 est égale à la tension présente sur la première entrée additionnée à une deuxième tension de décalage V'_{d2} . Cette deuxième tension de décalage V'_{d2} est égale à l'opposé de la tension de seuil de la diode zener Z'_2 . En d'autres termes, dans l'exemple décrit ici, la deuxième tension de décalage
10 V'_{d2} est négative.

Ainsi à un décalage de tension près, la tension présente ou délivrée sur la sortie S' du circuit de décalage de tension 300 suit la tension de la première alimentation électrique 1020.

Le dimensionnement de la diode Zener Z'_1 et du transistor T' est réalisé de telle
15 sorte que lorsque la tension délivrée par la première alimentation électrique atteint son minima, la tension présente sur la deuxième sortie S' reste supérieure à la tension minimale requise pour faire fonctionner le dispositif de commande 400. Ainsi, même lorsque la tension fournie par la première alimentation électrique diminue fortement, le dispositif de commande 400 reste suffisamment alimentée pour
20 fonctionner correctement et piloter/commander à l'ouverture et à la fermeture les interrupteurs Q'_1 , Q'_2 , Q'_3 , Q'_4 .

Dans l'exemple de réalisation décrit ici, le circuit de décalage 300 comprend en outre de façon optionnelle un circuit de suivi comprenant une deuxième diode Z'_3 connectée par son anode à la cathode de la première diode Z'_2 et une capacité C'
25 connectée en parallèle avec une deuxième résistance R'_2 . L'association en parallèle de la capacité C' et de la deuxième résistance R'_2 est connectée entre la cathode de la deuxième diode Z'_3 et la première entrée E'_1 .

De façon préférentielle, la deuxième diode Z'_3 est une diode schottky.

Le circuit de suivi permet à la tension présente ou délivrée sur la sortie S' du circuit
30 de décalage de tension 300 de suivre plus rapidement une chute de tension brutale

de la première alimentation électrique 1020, chute de tension due par exemple à un court-circuit au niveau du pont en H 1100.

Dans l'exemple de réalisation décrit ici, le dispositif de commande 400 comprend en outre optionnellement une entrée de mesure E's destiné à être connectée à la borne de l'interrupteur de côté haut Q'1 connectée à la première alimentation électrique 1020. En variante, l'entrée de mesure peut être connectée à la borne de l'interrupteur de côté haut Q'3 connectée à la première alimentation électrique.

Lorsque le dispositif de commande 400 comprend une entrée de mesure E's, ce dispositif de commande 400 est également conçu pour commander les interrupteurs du pont en H 1100 seulement lorsque la différence de tension entre la tension présente sur l'entrée d'alimentation E'A et la tension présente sur l'entrée de mesure E's est inférieure à un deuxième seuil, par exemple de 5 V.

Ainsi, en comparant les tensions sur ses bornes d'entrée E'A et E's le dispositif de commande 400 est en mesure de détecter une déconnexion entre le pont en H 1100 et la première alimentation électrique. Lorsqu'une telle déconnexion est détectée le dispositif de commande 400 cesse de commander à l'ouverture ou à la fermeture les interrupteurs Q'1, Q'2, Q'3, Q'4.

Il est à noter que si l'entrée E'A du dispositif de commande 400 était alimentée directement par la deuxième alimentation électrique 1030 et non par le circuit de décalage de tension 300, le dispositif de commande 400 interpréterait de façon erronée une chute importante de la tension de la première alimentation électrique, par exemple lors du démarrage du moteur 1060, comme une déconnexion électrique entre le pont en H 1100 et la première alimentation électrique 1120. Ainsi, le circuit de décalage de tension 300 permet d'éviter de telle détection erronée.

En référence à la [Fig.8], nous allons maintenant décrire une variante de réalisation d'un système de commande 1200 décrit précédemment en relation avec la [Fig.7].

Dans cette variante de réalisation, le transistor bipolaire de type NPN T' est réalisé par un montage pseudo-Darlington à deux transistors T'1 et T'2, dit paire de Sziklai. Le transistor T'1 est un transistor bipolaire de type NPN et le transistor T'2 est un transistor bipolaire de type PNP. Dans ce montage pseudo-Darlington, le collecteur du transistor T'1 est connectée à la base du transistor T'2 et l'émetteur du transistor

T'1 est connecté au collecteur du transistor T'2. La base du transistor T'1, l'émetteur du transistor T'1 et l'émetteur du transistor T'2 réalisent respectivement la base, l'émetteur et le collecteur du transistor T'.

5 Ce montage pseudo-Darlington permet d'éviter une injection de courant à partir de la première alimentation électrique vers la deuxième alimentation électrique.

Dans l'exemple décrit en relation avec les [Fig.6], [Fig.7] et [Fig.8], le pont en H 1100 comporte quatre transistors Q'1, Q'2, Q'3, Q'4. En variante, le pont en H 1100 peut ne comporter que trois transistors Q'1, Q'2, Q'4, le quatrième interrupteur, i.e. l'interrupteur de côté haut du deuxième bras, étant réalisé par une diode.

Revendications

[Revendication 1] Système de commande (120, 1200) d'un bras de commutation destiné à connecter une phase d'un rotor (R) ou d'un stator (U, V, W) d'une machine électrique tournante (106) pour véhicule automobile à une première alimentation électrique (102, 1020), ledit bras comprenant un interrupteur de côté haut (Q1, Q'1) et un interrupteur de côté bas (Q2, Q'2), l'interrupteur de côté haut (Q1, Q'1) étant destiné à être connecté par une première borne à une extrémité de ladite phase et par une deuxième borne à la première alimentation électrique (102, 1020), l'interrupteur de côté bas (Q2, Q'2) étant destiné à être connecté entre l'extrémité de ladite phase (U, V, W) et une première masse électrique (GND), le système (120, 1200) comprenant :

a. Un circuit de décalage de tension (30, 300) comprenant :

i. une première entrée (E₁, E'₁) destinée à être connectée à la première alimentation électrique (102, 1020), et

ii. une sortie (S, S'), la tension délivrée sur la sortie (S, S') étant égale à la tension présente sur la première entrée additionnée à une première tension de décalage (V_{d1}) lorsque la tension présente sur la première entrée est inférieure à un premier seuil (S1), et à la tension de la première entrée additionnée à une deuxième tension de décalage (V_{d2}) sinon,

b. un dispositif de commande (40, 400) des interrupteurs (Q1-Q2, Q'1-Q'2) conçus pour sélectivement ouvrir et fermer lesdits interrupteurs (Q1-Q2, Q'1-Q'2), ledit dispositif de commande (40, 400) comprenant une entrée d'alimentation (E_A, E'_A) connectée à ladite sortie (S, S') dudit circuit de décalage de tension (30, 300).

[Revendication 2] Système de commande (120, 1200) selon la revendication 1 dans lequel ledit circuit de décalage de tension (30, 300) comprend en outre

a. une deuxième entrée (E₂, E'₂) destinée à être connectée à une deuxième alimentation électrique (103, 1030), et

b. un transistor bipolaire de type NPN (T, T') dont l'émetteur est connecté à ladite sortie (S, S') et dont le collecteur est connecté à ladite deuxième entrée (E₂, E'₂),

c. une diode zener (Z₁, Z'₁) dont la cathode est connectée à la base dudit transistor bipolaire (T, T') et dont l'anode est connectée à la première entrée (E₁, E'₁), et

d. une première résistance (R₁, R'₁) connectée entre la base et le collecteur dudit transistor bipolaire (T, T').

[Revendication 3] Système de commande (120, 1200) selon la revendication précédente dans lequel ledit circuit de décalage de tension (30, 300) comprend en outre une première diode

(Z_2, Z'_2) dont l'anode est connectée à ladite première entrée et dont la cathode est connectée à ladite sortie.

[Revendication 4] Système de commande (120, 1200) selon la revendication précédente dans lequel ledit circuit de décalage (30, 300) comprend en outre :

- a. une deuxième diode (Z_3, Z'_3) connectée par son anode à la cathode de la première diode (Z_2, Z'_2), et
- b. une capacité (C, C') connectée en parallèle avec une deuxième résistance (R_2, R'_2), l'association en parallèle de ladite capacité (C, C') et de ladite deuxième résistance (R_2, R'_2) étant connectée entre la cathode de la deuxième diode (Z_3, Z'_3) et la première entrée (E_1, E'_1).

[Revendication 5] Système de commande (120, 1200) selon l'une des revendications 2 à 4 dans lequel ledit circuit de décalage (30, 300) comprend en outre une troisième diode (D, D'), le collecteur dudit transistor bipolaire (T, T') étant connecté à ladite deuxième entrée par l'intermédiaire de ladite troisième diode (D, D'), l'anode de ladite troisième diode (D, D') étant connectée à ladite deuxième entrée (E_2, E'_2).

[Revendication 6] Système de commande selon l'une des revendications 2 à 5 dans lequel ledit transistor bipolaire de type NPN (T, T') est réalisé par un montage pseudo-Darlington, dit paire de Sziklai.

[Revendication 7] Système de commande (120, 1200) selon l'une des revendications précédentes dans lequel ledit dispositif de commande (40, 400) comprend en outre une entrée de mesure (E_s, E'_s) destiné à être connectée à ladite deuxième borne dudit interrupteur de côté haut ($Q1, Q'_1$), et ledit dispositif de commande (40, 400) est conçu pour commander lesdits interrupteurs seulement lorsque la différence de tension entre la tension présente sur l'entrée d'alimentation (E_A, E'_A) et la tension présente sur l'entrée de mesure (E_s, E'_s) est inférieure à un deuxième seuil.

[Revendication 8] Système de commande selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'interrupteur de côté haut ($Q1, Q'_1$) et l'interrupteur de côté bas ($Q2, Q'_2$) sont des transistors MOSFET ou des transistors IGBT.

[Revendication 9] Système de pilotage (116) d'un stator d'un moteur électrique (106) comprenant un convertisseur de tension (110) destiné à connecter les phases (U, V, W) du stator à une première alimentation électrique (102) conçue pour fournir au convertisseur de tension (110) une première tension continue (E) par rapport à une première masse électrique (GND), le convertisseur de tension (110) comportant, pour chaque phase (U, V, W), un bras comprenant un interrupteur de côté haut ($Q1, Q3, Q5$) et un interrupteur de côté bas ($Q2, Q4, Q6$), l'interrupteur de côté haut ($Q1, Q3, Q5$) étant destiné à être connecté entre une extrémité de la phase (U, V, W) considérée et la première alimentation électrique (102), l'interrupteur

de côté bas (Q2, Q4, Q6) étant destiné à être connecté entre l'extrémité de la phase (U, V, W) considérée et la première masse électrique (GND), le système de pilotage (116) comprenant en outre pour chaque bras, un système de commutation (120) conçus pour sélectivement ouvrir et fermer les interrupteurs de côté haut et de côté bas de ce bras, le système de pilotage (116) étant caractérisé en ce que pour au moins un bras, le système de commutation (120) conçu pour sélectivement ouvrir et fermer les interrupteurs de côté haut et de côté bas dudit au moins un bras est un système de commande (120) dudit au moins un bras selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[Revendication 10] Système électrique (100) comportant :

- a. un moteur électrique (106) ayant un stator comportant plusieurs phases (U, V, W),
- b. une première alimentation électrique (102) conçue pour fournir une première tension continue (E) par rapport à une première masse électrique (GND), et
- c. un système de pilotage (116) dudit stator selon la revendication précédente.

[Revendication 11] Système d'excitation (1160) d'un rotor ayant au moins une phase (R), ledit système d'excitation (1160) comprenant :

- a. un pont en H (1100) comprenant :
 - i. un premier bras de commutation destiné à connecter une première extrémité de ladite au moins une phase du rotor à une première alimentation électrique (1020), ledit premier bras comprenant un premier interrupteur de côté haut (Q'1) et un premier interrupteur de côté bas (Q'2), le premier interrupteur de côté haut étant destiné à être connecté par une première borne à une première extrémité de ladite au moins une phase et par une deuxième borne à la première alimentation électrique, le premier interrupteur de côté bas étant destiné à être connecté entre la première extrémité de ladite au moins une phase et une première masse électrique, et
 - ii. un deuxième bras de commutation destiné à connecter une deuxième extrémité de ladite au moins une phase du rotor à la première alimentation électrique, ledit deuxième bras comprenant un deuxième interrupteur de côté haut (Q'3) et un deuxième interrupteur de côté bas (Q'4), le deuxième interrupteur de côté haut étant destiné à être connecté par une première borne à ladite deuxième extrémité de ladite au moins une phase et par une deuxième borne à la première alimentation électrique, le deuxième interrupteur de côté bas étant destiné à être connecté entre ladite deuxième extrémité de ladite au moins une phase et la première masse électrique, et
- b. un système de commande (1200) dudit premier bras de commutation selon l'une des revendications 1 à 8.

[Revendication 12] Système d'excitation (1160) selon la revendication précédente dans lequel le dispositif de commande (400) dudit système de commande (1200) est également conçu pour sélectivement ouvrir et fermer ledit deuxième interrupteur de côté bas (Q'4) dudit deuxième bras de commutation.

5

[Revendication 13] Ensemble électrique (1000) comportant :

- a. un moteur électrique (1060) ayant un stator et un rotor, ledit rotor comportant au moins une phase (R),
- b. un système d'excitation (1160) dudit stator (R) selon la revendication 11 ou 12. |

|

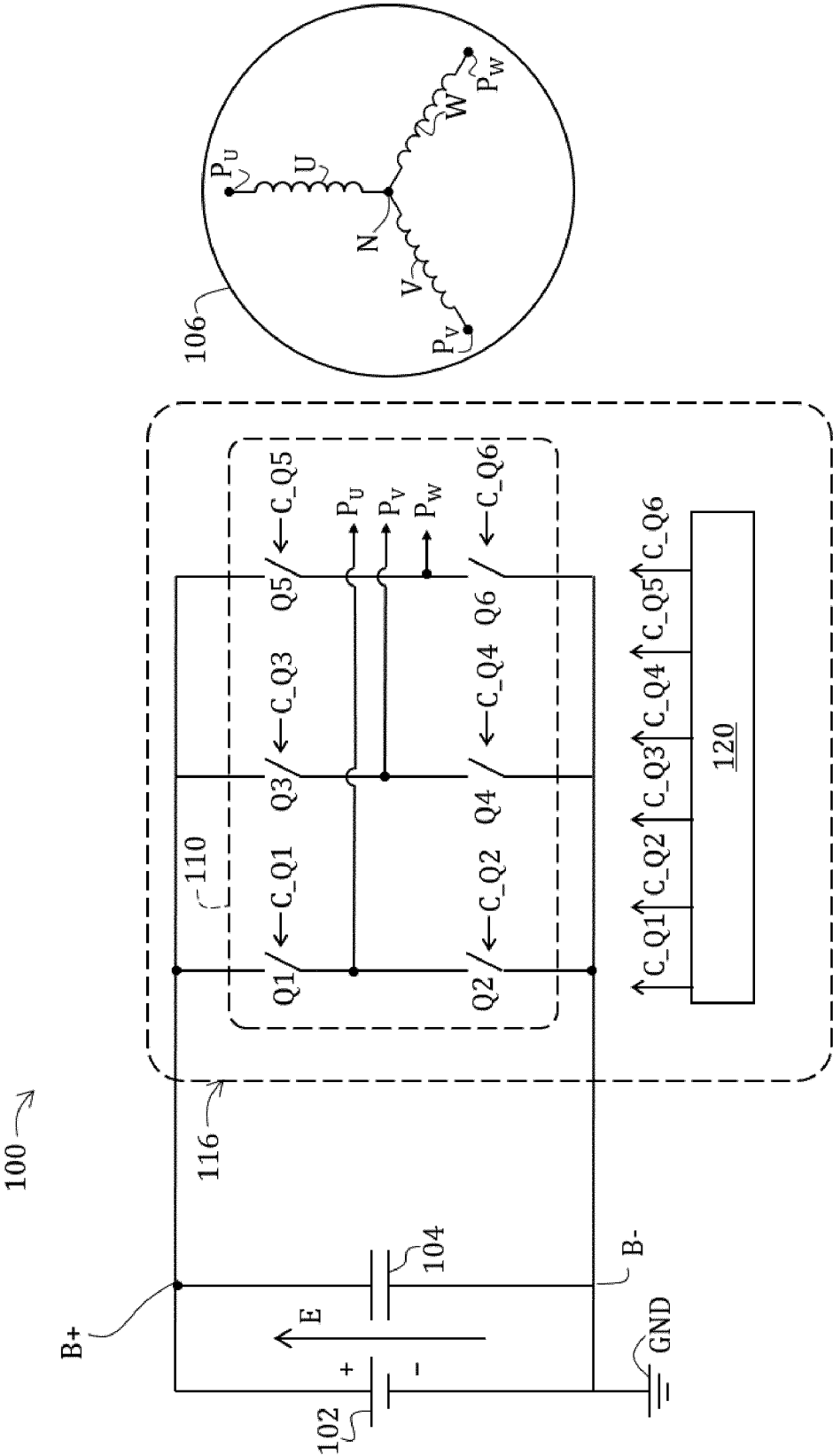


Fig. 1

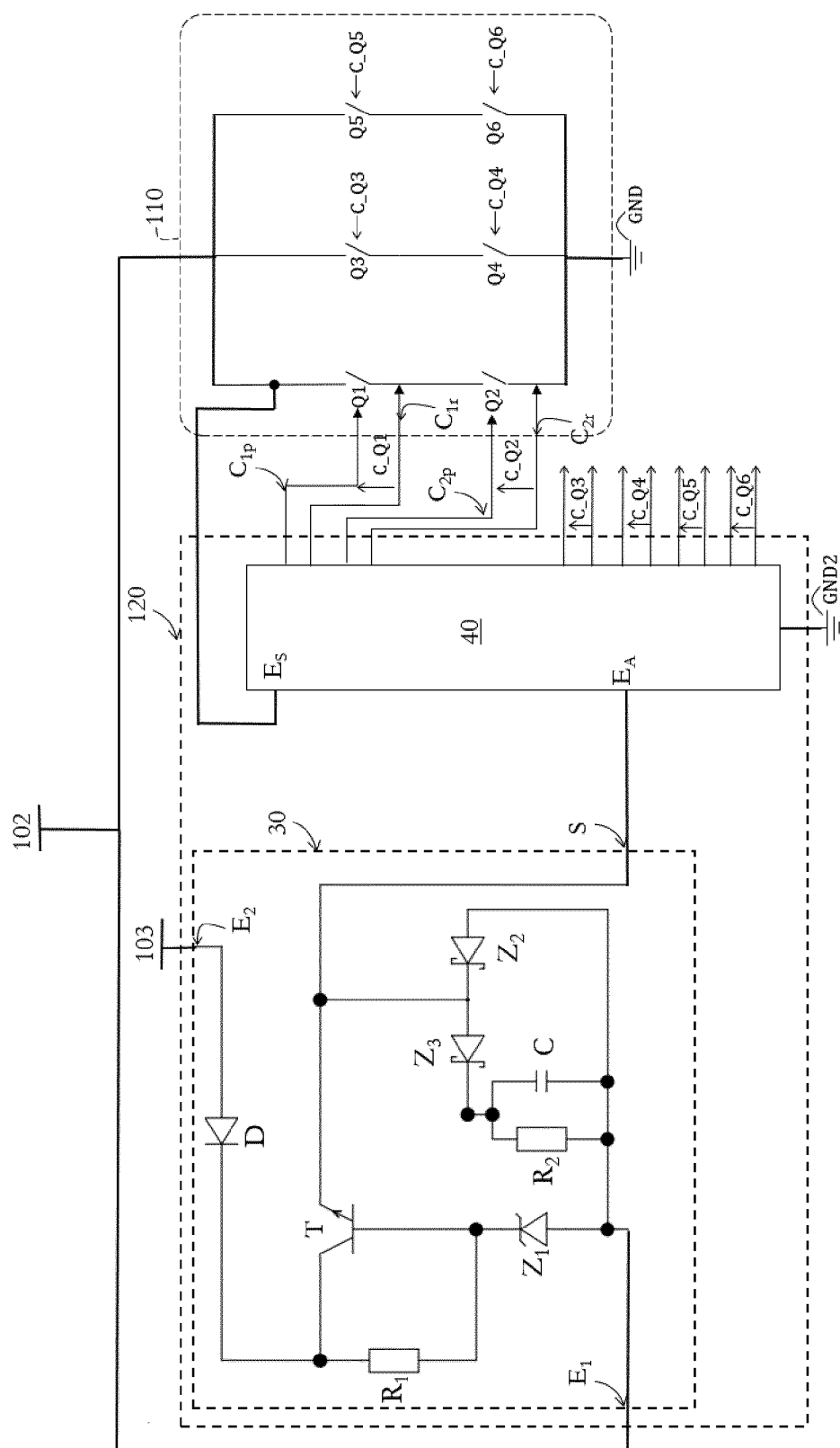


Fig. 2

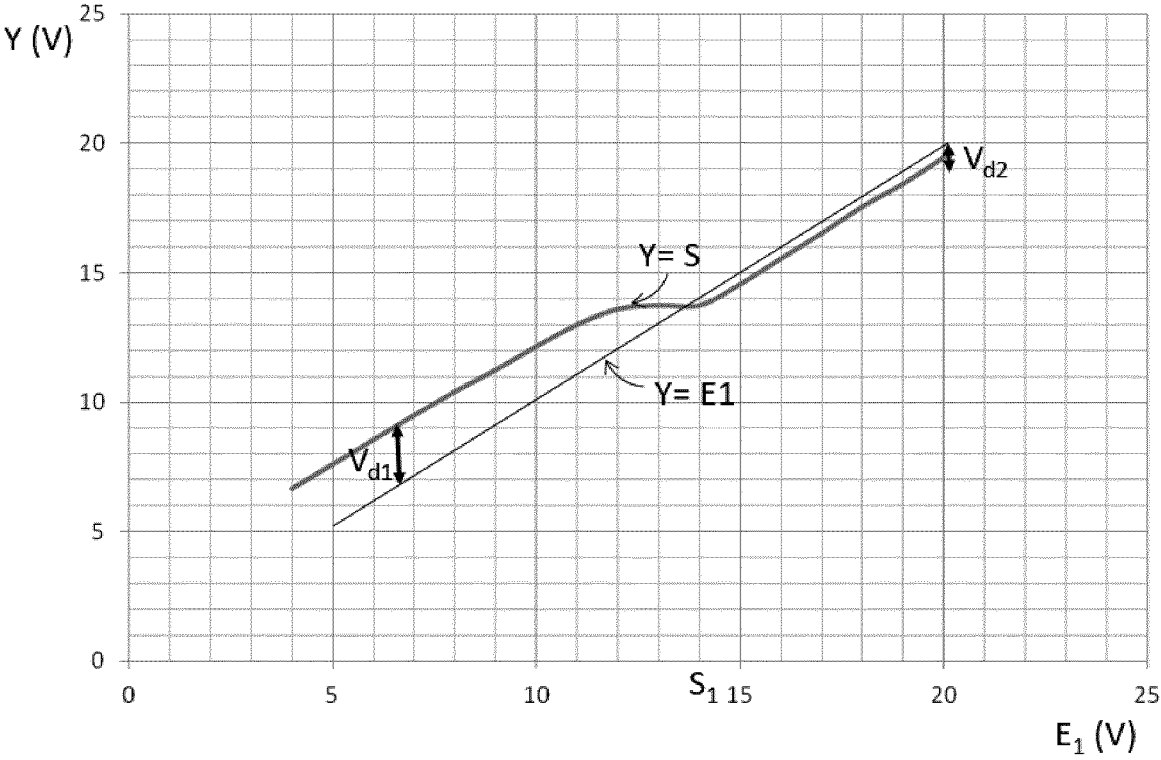
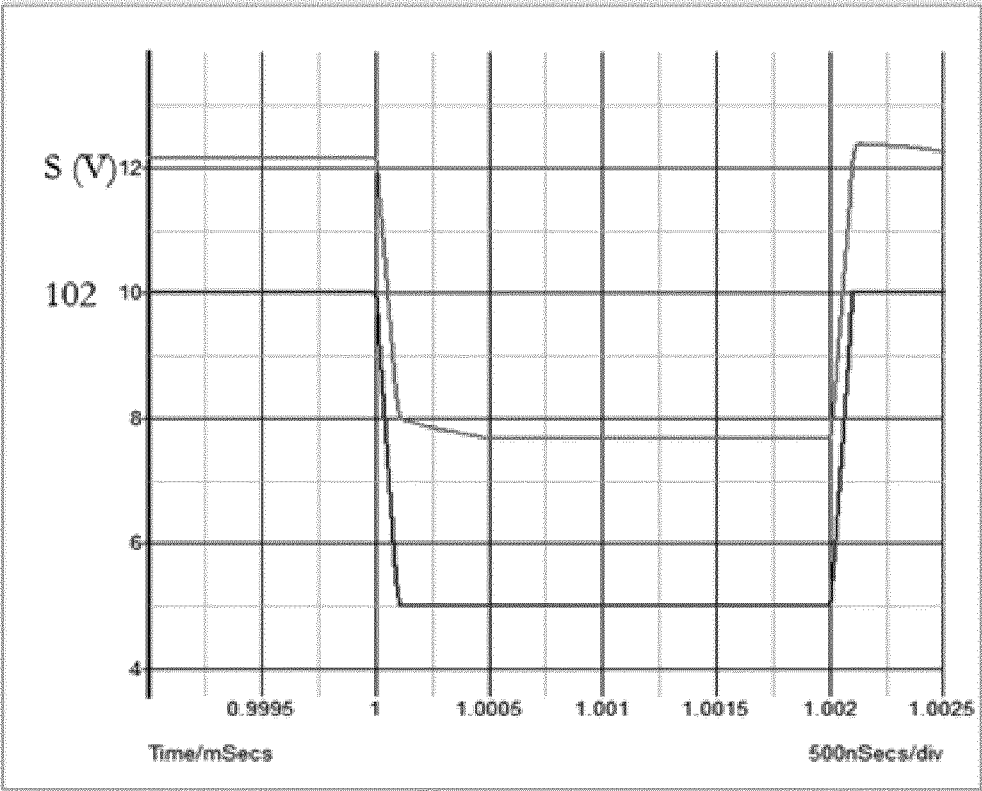
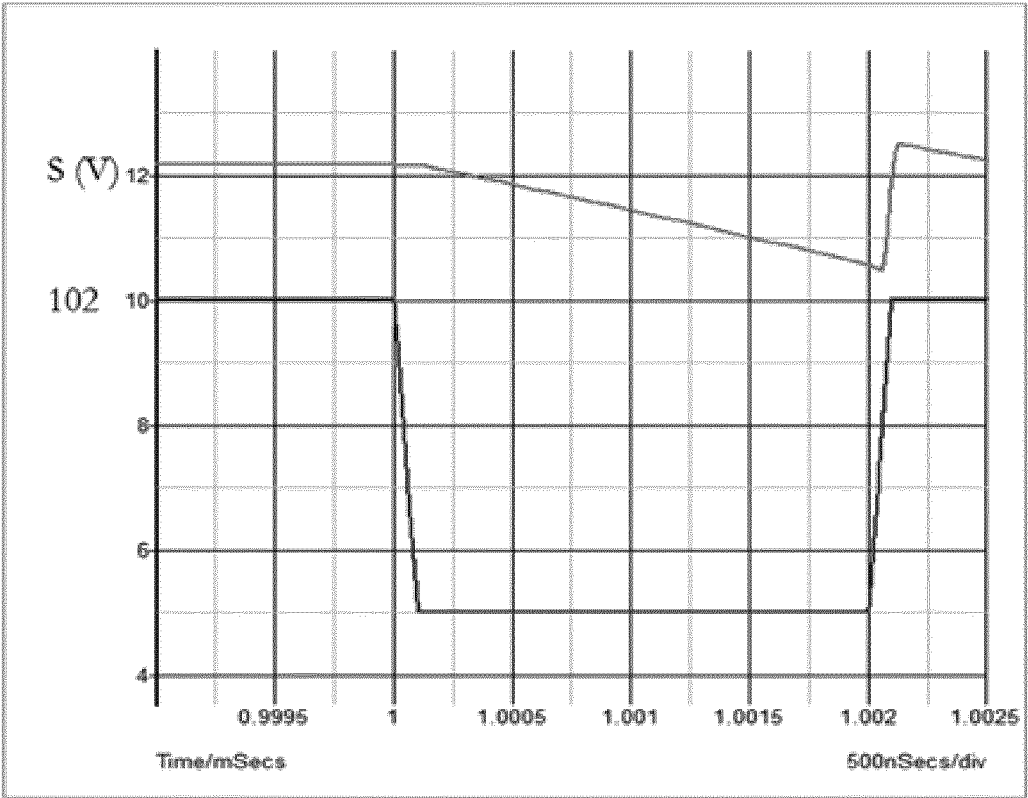


Fig. 3



a)



b)

Fig. 4

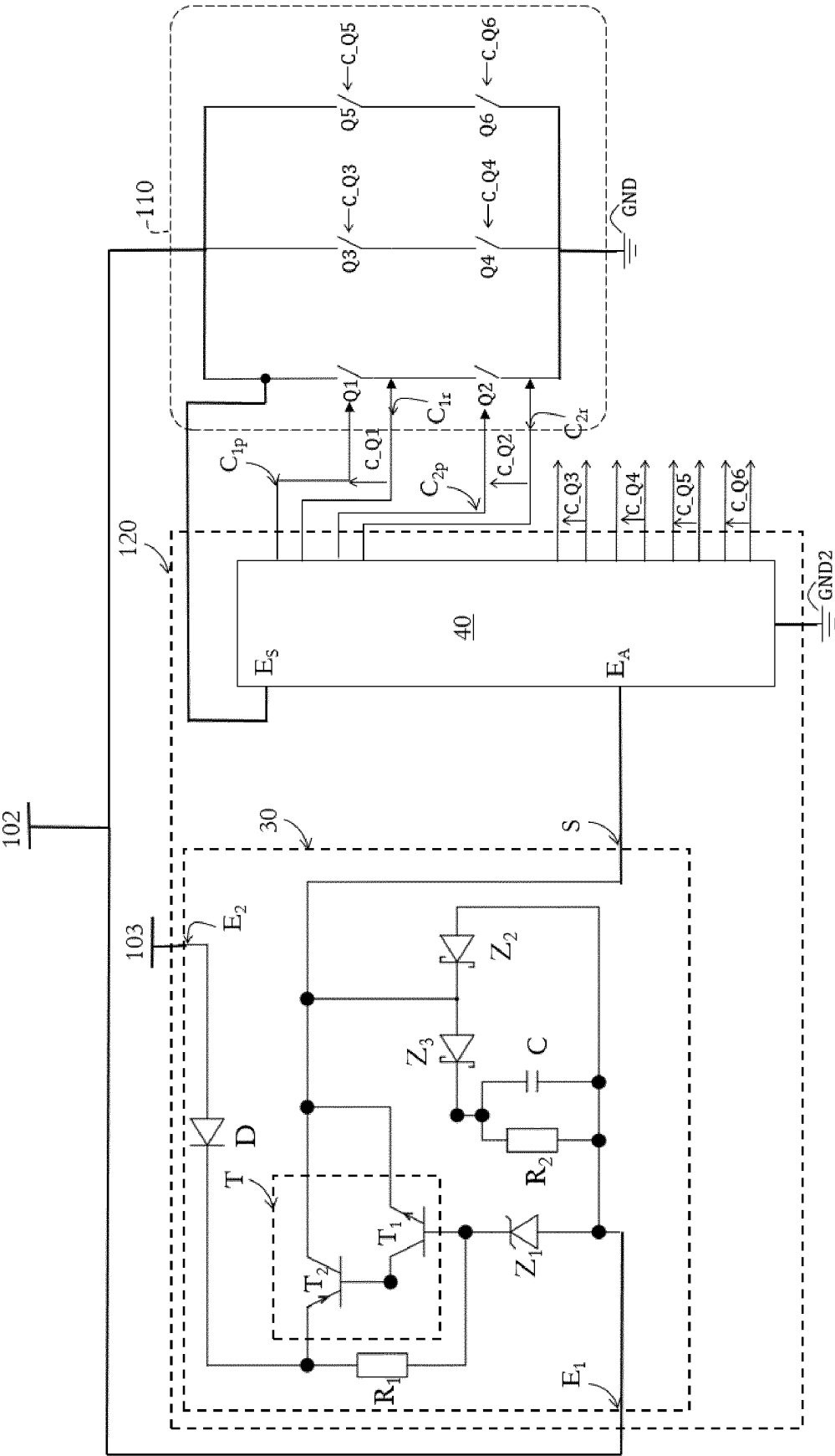


Fig. 5

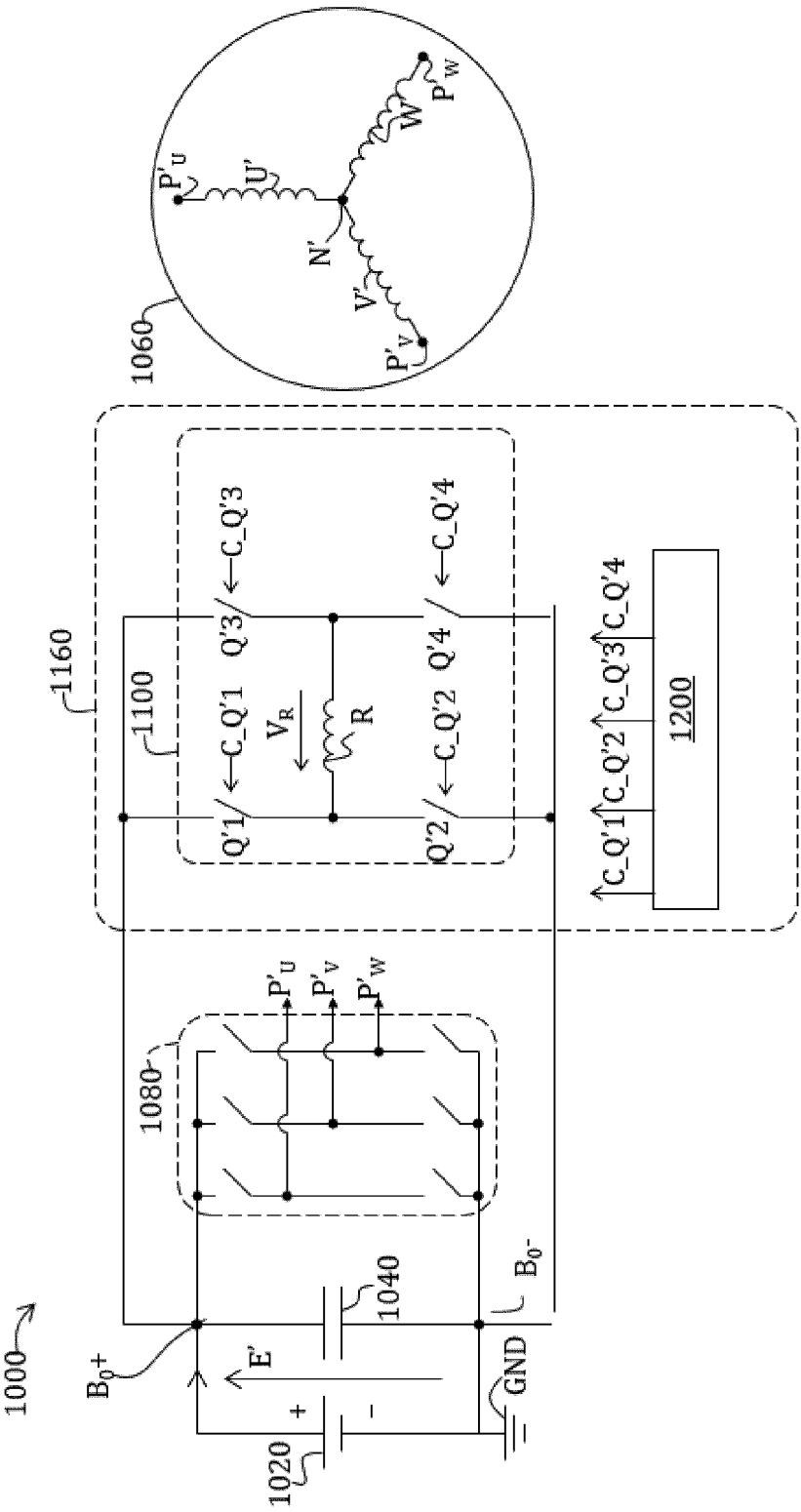


Fig. 6

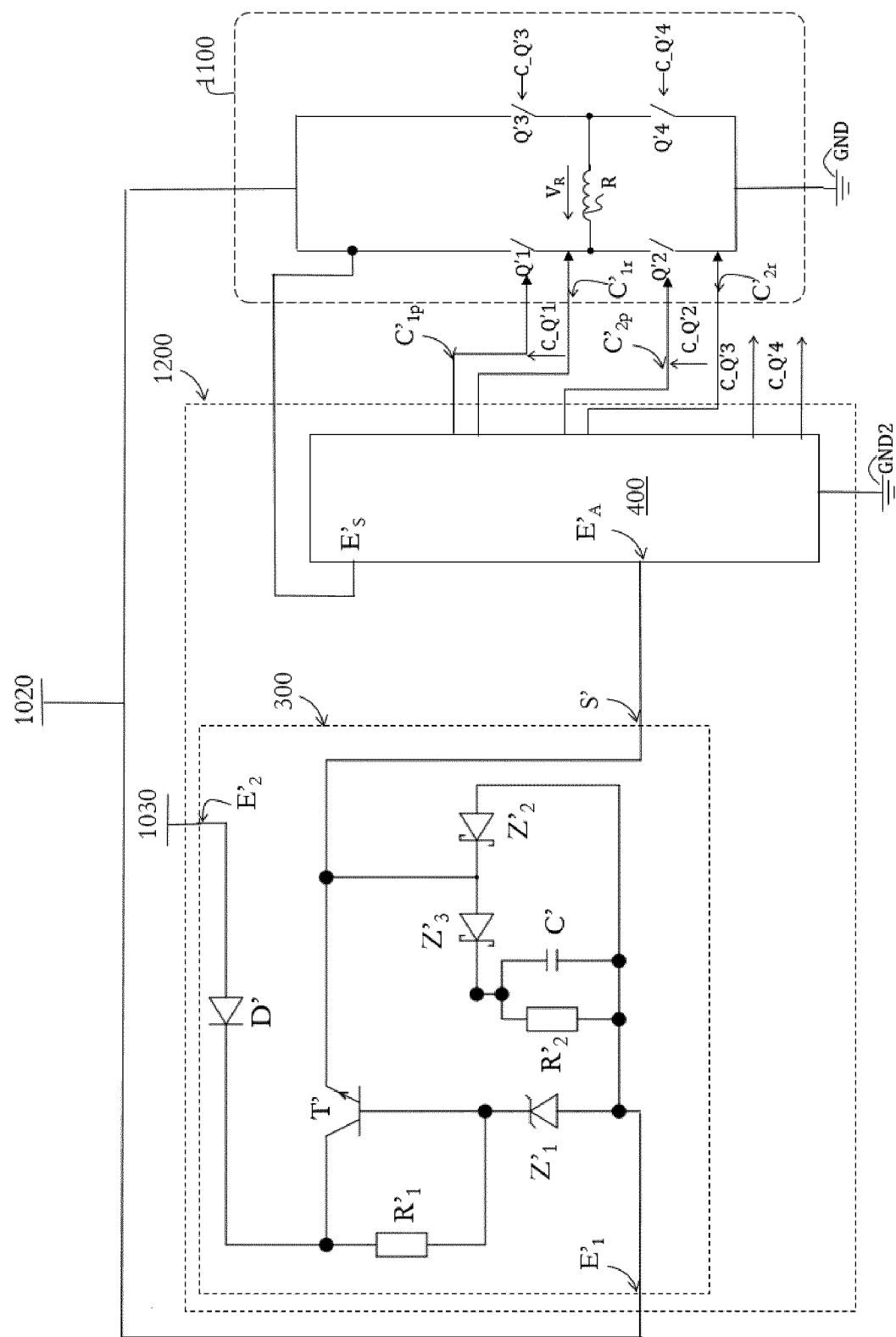


Fig. 7

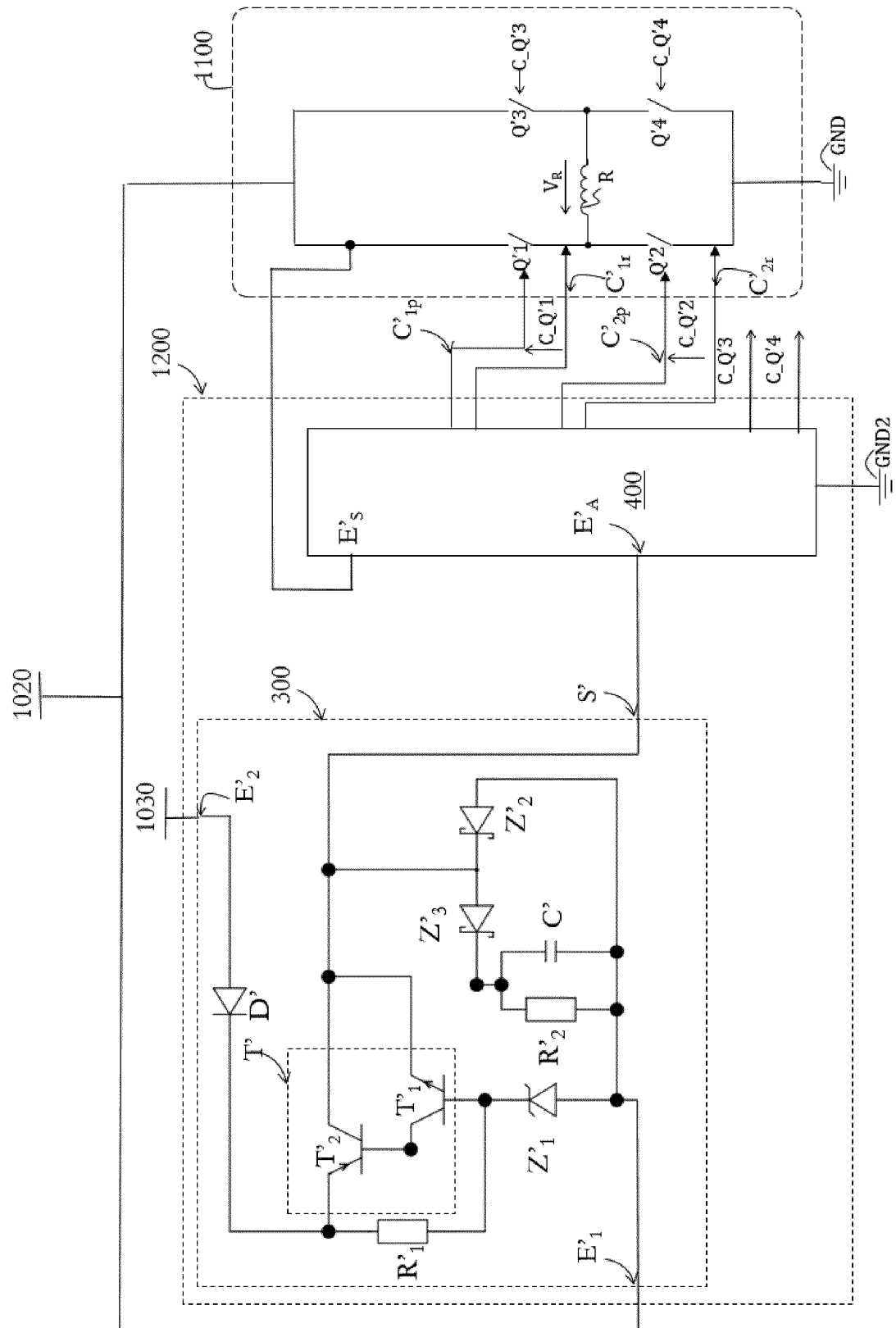


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/067430**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H02M 1/08**(2006.01)i; **H02M 7/5387**(2007.01)i; **H02M 1/00**(2006.01)i; **H02M 1/32**(2007.01)i; **H02M 1/36**(2007.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP H07337020 A (NIPPON DENSO CO) 22 December 1995 (1995-12-22) paragraph [0035] figure 1	1,2,5-13 3,4
Y A	US 2018375421 A1 (MAURI GIORGIO AUGUSTO [IT]) 27 December 2018 (2018-12-27) paragraph [0001] - paragraph [0009] paragraph [0037] - paragraph [0050] figures 4-7	1,2,5-13 3,4
A	US 2008037305 A1 (WEST RICK [US]) 14 February 2008 (2008-02-14) the whole document	1-13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 August 2020

Date of mailing of the international search report

19 August 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Lochhead, Steven

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/067430

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	H07337020	A	22 December 1995	JP	3419082	B2	23 June 2003
				JP	H07337020	A	22 December 1995
US	2018375421	A1	27 December 2018	NONE			
US	2008037305	A1	14 February 2008	NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2020/067430

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02M1/08 H02M7/5387 H02M1/00 H02M1/32 ADD. H02M1/36		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H02M		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	JP H07 337020 A (NIPPON DENSO CO) 22 décembre 1995 (1995-12-22)	1,2,5-13
A	alinéa [0035] figure 1	3,4
Y	US 2018/375421 A1 (MAURI GIORGIO AUGUSTO [IT]) 27 décembre 2018 (2018-12-27)	1,2,5-13
A	alinéa [0001] - alinéa [0009] alinéa [0037] - alinéa [0050] figures 4-7	3,4
A	US 2008/037305 A1 (WEST RICK [US]) 14 février 2008 (2008-02-14) le document en entier	1-13
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 11 août 2020		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 19/08/2020
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Lochhead, Steven

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2020/067430

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP H07337020 A	22-12-1995	JP 3419082 B2 JP H07337020 A	23-06-2003 22-12-1995
US 2018375421 A1	27-12-2018	AUCUN	
US 2008037305 A1	14-02-2008	AUCUN	