Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2757348 C 2015/04/28

(11)(21) 2 757 348

(12) BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT

(13) C

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2010/03/30
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2010/10/07
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2015/04/28
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2011/09/29
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2010/054225
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2010/112514
(30) Priorité/Priority: 2009/04/03 (FR09/01630)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H02M 7/5388* (2007.01)

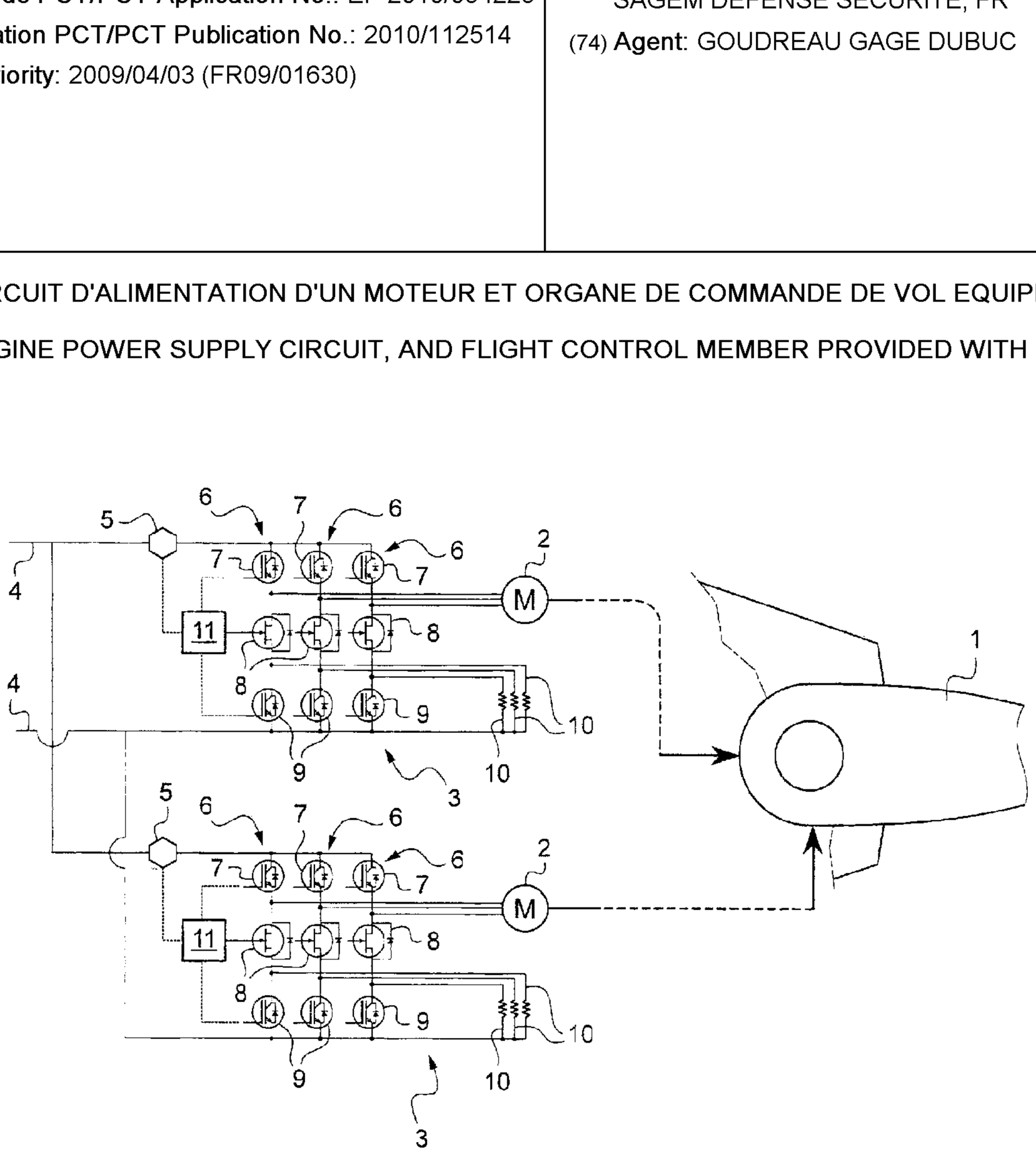
(72) Inventeurs/Inventors:
CASIMIR, ROLAND, FR;
FOURMONT, TONY, FR

(73) Propriétaire/Owner:
SAGEM DEFENSE SECURITE, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : CIRCUIT D'ALIMENTATION D'UN MOTEUR ET ORGANE DE COMMANDE DE VOL EQUIPE D'UN TEL CIRCUIT

(54) Title: ENGINE POWER SUPPLY CIRCUIT, AND FLIGHT CONTROL MEMBER PROVIDED WITH SUCH A CIRCUIT



(57) Abrégé/Abstract:
Circuit d'alimentation d'un moteur électrique, comprenant une pluralité de bras de ponts onduleurs pourvus des moyens de leur connexion chacun à un enroulement du moteur, chaque bras de pont onduleur comportant en série un premier transistor bipolaire à grille isolée et un transistor à effet de champ à jonction qui sont reliés à une unité de commande, le circuit comprenant un deuxième transistor bipolaire à grille isolée monté en série avec chaque transistor à effet de champ et relié à l'unité de commande, et une résistance d'amortissement monté en parallèle du deuxième transistor bipolaire. Organe de commande vol d'un aéronef, comportant une surface aérodynamique mobile associée à au moins un moteur d'entraînement relié à un tel circuit d'alimentation.

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
7 octobre 2010 (07.10.2010)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/112514 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H02M 7/5388 (2007.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2010/054225

(22) Date de dépôt international :
30 mars 2010 (30.03.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
09/01630 3 avril 2009 (03.04.2009) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **SAGEM DEFENSE SECURITE** [FR/FR]; Le Ponant de Paris, 27 rue Leblanc, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **CASIMIR, Roland** [FR/FR]; C/O SAGEM DEFENSE SECURITE, Le Ponant de Paris, 27 rue Leblanc, F-75015 Paris (FR). **FOURMONT, Tony** [FR/FR]; C/O SAGEM DEFENSE SECURITE, Le Ponant de Paris, 27 rue Leblanc, F-75015 Paris (FR).

(74) Mandataires : **LAVIALLE, Bruno** et al.; CABINET BOETTCHER, 22 rue du Général Foy, F-75008 Paris (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : ENGINE POWER SUPPLY CIRCUIT, AND FLIGHT CONTROL MEMBER PROVIDED WITH SUCH A CIRCUIT

(54) Titre : CIRCUIT D'ALIMENTATION D'UN MOTEUR ET ORGANE DE COMMANDE DE VOL EQUIPÉ D'UN TEL CIRCUIT

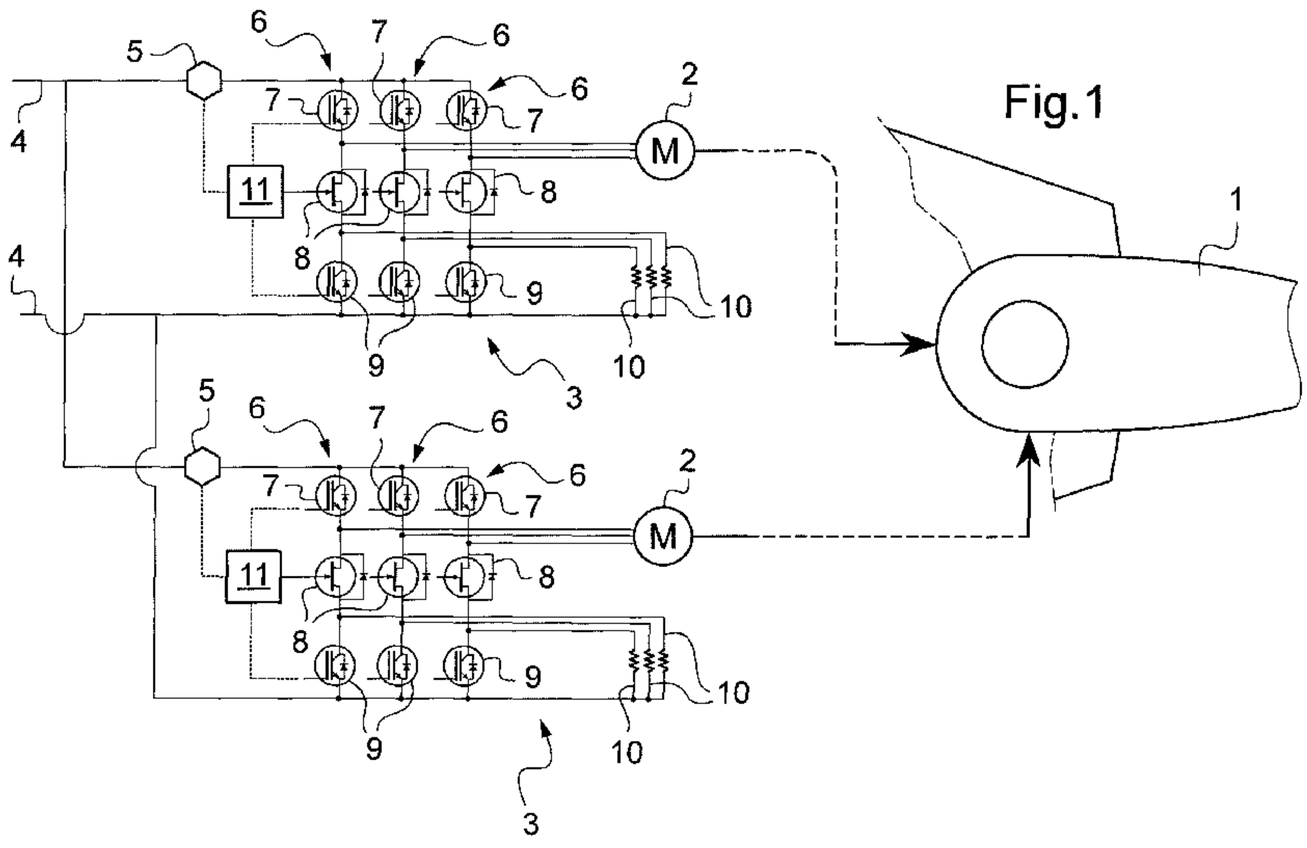


Fig.1

(57) Abstract : The invention relates to an electrical engine power supply circuit, including a plurality of bridge inverter arms provided with a means for connecting each arm to an engine winding, each bridge inverter arm comprising, in series, a first insulated-gate bipolar transistor and a junction field effect transistor which are linked to a control unit, the circuit including a second insulated-gate bipolar transistor mounted in series with each field effect transistor and linked to the control unit, and a damping resistor mounted in parallel with the second bipolar transistor. The invention also relates to an aircraft flight control member, comprising a mobile aerodynamic surface combined with at least one drive motor linked to such power supply circuit.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/112514 A1

WO 2010/112514 A1

— *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii))*

Publiée :

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

Circuit d'alimentation d'un moteur électrique, comprenant une pluralité de bras de ponts onduleurs pourvus des moyens de leur connexion chacun à un enroulement du moteur, chaque bras de pont onduleur comportant en série un premier transistor bipolaire à grille isolée et un transistor à effet de champ à jonction qui sont reliés à une unité de commande, le circuit comprenant un deuxième transistor bipolaire à grille isolée monté en série avec chaque transistor à effet de champ et relié à l'unité de commande, et une résistance d'amortissement monté en parallèle du deuxième transistor bipolaire. Organe de commande vol d'un aéronef, comportant une surface aérodynamique mobile associée à au moins un moteur d'entraînement relié à un tel circuit d'alimentation.

Circuit d'alimentation d'un moteur et organe de commande de vol équipé d'un tel circuit

La présente invention concerne un circuit d'alimentation d'un moteur électrique utilisable par exemple pour l'actionnement d'une surface aérodynamique mobile d'un aéronef. L'invention concerne également un organe de commande de vol d'un aéronef comportant une telle surface aérodynamique mobile.

Dans les aéronefs actuels sont désormais de plus en plus utilisés les systèmes de commande de vol électriques. Ces systèmes comprennent des organes de commande de vol comportant une surface aérodynamique mobile, telle qu'un aileron, un volet ou un élevon, associée à deux moteurs électriques reliés chacun à un circuit d'alimentation piloté à partir de signaux de commande émanant des instruments de pilotage manipulés par le pilote de l'aéronef. Les deux moteurs fonctionnent en alternance de sorte qu'en cas de défaillance d'un des moteurs, le deuxième moteur puisse être utilisé en remplacement.

Chaque circuit d'alimentation comprend une pluralité de ponts onduleurs composés de trois bras de pont, eux-même pourvus des moyens de leur connexion chacun à un enroulement du moteur. Chaque bras de pont onduleur comporte en série un premier transistor bipolaire à grille isolée et un deuxième transistor bipolaire à grille isolée qui sont reliés à une unité de commande reliée aux instruments de pilotage.

Lorsque l'un des moteurs n'est pas utilisé, il est déconnecté du circuit d'alimentation et est néanmoins censé exercer un effort sur la surface aérodynamique mobile de manière à amortir les mouvements de celle-ci.

Un circuit d'amortissement dédié est donc prévu entre le moteur et le circuit d'alimentation pour dissiper l'énergie produite par ce dernier lorsque celui-ci

est entraîné par la surface aérodynamique mobile mue par l'autre moteur ou sous l'effet dynamique. Un tel circuit d'amortissement est relié au moteur par un relais électromécanique qui connecte le moteur sélectivement au circuit d'alimentation et au circuit d'amortissement. Un tel relais présente plusieurs inconvénients : une faible durée de vie surtout en raison des commutations en charge, une tenue aléatoire aux vibrations, une masse et un volume peu compatibles avec les impératifs de gain de poids et de place imposés par les contraintes de conception des aéronefs. Une défaillance de l'organe principal du relais (bobine ou commande) entraîne en outre la perte de la totalité de la capacité d'amortissement.

Un but de l'invention est de fournir une solution d'amortissement qui soit simple, fiable et légère.

A cet effet, on prévoit, selon l'invention, un circuit d'alimentation d'un moteur électrique, comprenant au moins un pont onduleur composé d'une pluralité de bras de pont eux-mêmes pourvus des moyens de leur connexion chacun à un enroulement du moteur, chaque bras de pont comportant en série un premier transistor bipolaire à grille isolée et un transistor à effet de champ à jonction qui sont reliés à une unité de commande, le circuit comprenant un deuxième transistor bipolaire à grille isolée monté en série avec chaque transistor à effet de champ à jonction et relié à l'unité de commande, et une résistance d'amortissement montée en parallèle du deuxième transistor bipolaire à grille isolée.

Ainsi, le circuit d'alimentation possède un mode actif dans lequel il assure l'alimentation du moteur et un mode passif dans lequel il assure un amortissement. Dans le mode actif, les premiers transistors bipolaires et les transistors à effet de champ sont pilotés pour alimenter successivement les enroulements du moteur tandis que les deuxièmes transistors bipolaires sont mainte-

nus fermés par l'unité de commande pour court-circuiter les résistances. Dans le mode passif, le circuit d'alimentation est déconnecté du réseau électrique : tous les transistors bipolaires sont naturellement ouverts car il n'y a pas d'énergie disponible sur le pont et les transistors à effet de champ à jonction demeurent naturellement fermés en l'absence d'alimentation : les enroulements du moteur sont donc raccordés aux résistances d'amortissement. Les transistors à effet de champ à jonction ont une fiabilité et une durée de vie supérieures à celles d'un relais, une masse et un volume inférieurs à ceux d'un relais. En cas de défaillance à l'état ouvert d'un des transistors à effet de champ à jonction, seule la résistance raccordée à celui-ci n'est plus utilisable en amortissement de sorte que l'impact d'une telle défaillance est limité : l'amortissement global du moteur est moindre mais non nul. Le pilotage des deuxièmes transistors bipolaires permet en outre d'assurer une variation de l'amortissement.

De préférence, le circuit comporte en entrée des moyens de raccordement à un réseau continu auxquels est associé un coupe-circuit agencé pour isoler le circuit d'alimentation du réseau lorsque les résistances d'amortissement sont alimentées.

Le coupe-circuit empêche qu'en mode passif les diodes internes des premiers transistors bipolaires deviennent actives et que des surtensions résiduelles remontent vers le réseau lorsque les résistances d'amortissement ne sont pas suffisantes pour absorber la totalité des surtensions produites par le moteur.
L'invention a également pour objet un organe de commande vol d'un aéronef, comportant une surface de vol associée à au moins un moteur d'entraînement relié à un circuit d'alimentation du type précité.

D'autres caractéristiques et avantages de

l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation particulier non limitatif de l'invention.

Il sera fait référence aux dessins annexés, parmi lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement un organe de commande de vol conforme à l'invention,
- la figure 2 est une vue partielle, analogue à la figure 1, d'une variante de réalisation.

En référence à la figure, l'organe de commande de vol conforme à l'invention comporte une surface aérodynamique mobile 1, telle qu'un aileron, un volet, un drapeau de dérive ou un élevon, montée mobile sur la structure d'un aéronef (voilure, empennage, dérive).

La surface aérodynamique mobile 1 est déplacée au moyen de deux moteurs 2 associés chacun à un circuit d'alimentation généralement désigné en 3. Les circuits d'alimentation 3 sont raccordés au réseau continu 4 de l'aéronef et sont reliés de façon connue en soi à une centrale de commande programmée pour assurer le fonctionnement de l'aéronef et actionnable depuis le poste de pilotage via des instruments de commande manipulés par le pilote. L'arbre de sortie des moteurs 2 peut être relié à l'axe d'articulation de la surface aérodynamique mobile 1 pour entraîner celui-ci en rotation ou peut être pourvu d'une vis sur laquelle est engagé un écrou solidaire d'un levier solidaire de la surface aérodynamique mobile 1. Si la surface aérodynamique mobile 1 est montée pour coulisser, l'arbre de sortie des moteurs 1 peut être pourvu d'une vis sur laquelle est engagé un écrou solidaire de la surface aérodynamique mobile 1 ou agir sur deux bras d'un parallélogramme déformable dont est solidaire la surface aérodynamique mobile 1.

Chaque circuit de d'alimentation 3 comporte une ligne d'entrée comportant un coupe-circuit 5 et une ligne

de sortie entre lesquelles sont montés en parallèles les uns aux autres trois bras de ponts onduleurs 6 pourvus des moyens de leur connexion chacun à un enroulement du moteur 2. Chaque bras de pont onduleur 6 comporte en série un premier transistor bipolaire à grille isolée 7 (ou IGBT de l'anglais « insulated gate bipolar transistor ») et un transistor à effet de champ à jonction 8 (ou JFET de l'anglais « junction field effect transistor »). La connexion d'un des enroulements du moteur se fait entre ces deux transistors.

Chaque circuit d'alimentation 3 comprend des deuxièmes transistors bipolaires à grille isolée 9 montés chacun en série avec un des transistors à effet de champ à jonction 8 et des résistances d'amortissement 10 montées chacune en parallèle d'un des deuxièmes transistors bipolaires 9.

Les transistors 7, 8, 9 et le coupe-circuit 5 sont reliés à une unité de commande 11 elle-même reliée à la centrale de commande.

Chaque circuit d'alimentation 3 possède un mode actif dans lequel il assure l'alimentation du moteur 2 correspondant pour déplacer la surface aérodynamique mobile 1 et un mode passif dans lequel il assure un amortissement du mouvement de la surface aérodynamique mobile 1.

Dans le mode actif, les premiers transistors bipolaires 7 et les transistors à effet de champ à jonction 8 sont pilotés pour alimenter successivement les enroulements du moteur 2 tandis que les deuxièmes transistors bipolaires 9 sont maintenus fermés par l'unité de commande 11 pour court-circuiter les résistances d'amortissement 10.

Dans le mode passif, tous les transistors bipolaires 7, 9 sont naturellement ouverts en l'absence d'alimentation, les transistors à effet de champ à jonc-

tion 8 demeurent naturellement fermés en l'absence d'alimentation pour raccorder les enroulements du moteur 2 aux résistances d'amortissement 10.

En cas d'absence de tension sur la ligne d'entrée en amont du coupe-circuit 5 (coupure du réseau 4), l'unité de commande 11 commande l'ouverture du coupe-circuit 5 pour empêcher qu'en mode passif les diodes internes des transistors bipolaires 7 et 9 deviennent actives et que des surtensions résiduelles remontent vers le réseau 4. Une telle remontée aurait pu se produire en l'absence de coupe-circuit 5 si les résistances d'amortissement n'étaient pas suffisantes pour absorber la totalité des surtensions produites par le moteur 2.

La centrale de commande pilote l'unité de commande 11 de chaque circuit d'alimentation 3 pour mettre l'un des circuits d'alimentation 3 dans son mode actif et l'autre circuit d'alimentation 3 dans son mode passif. Ainsi, le moteur 2 raccordé au circuit d'alimentation 3 dans le mode actif assure le déplacement de la surface aérodynamique mobile 1 et le moteur 2 raccordé au circuit d'alimentation 3 dans le mode passif assure l'amortissement du mouvement de la surface aérodynamique mobile 1. En effet, dans ce dernier circuit d'alimentation 3, l'énergie électriques produite par le moteur 2 mû par la surface aérodynamique mobile 1 sont évacuées et consommées dans les résistances d'amortissement 10.

L'unité de commande 11 peut commander l'ouverture ou la fermeture simultanée de tout ou partie des deuxièmes transistors bipolaires 9 ou une ouverture (ou une fermeture) successive de ceux-ci.

Dans certains cas, la centrale de commande peut piloter l'unité de commande 11 de chaque circuit d'alimentation 3 pour mettre les deux circuits d'alimentation 3 dans le mode passif de manière à laisser

la surface aérodynamique mobile 1 en drapeau.

Avec le circuit de l'invention, les deuxièmes transistors bipolaires peuvent être sous-dimensionnés en tension et surdimensionnés en courant car ils fonctionnent en statique.

Dans la variante de la figure 2, un circuit électronique autonome 12 est relié aux enroulements et monté en parallèle des transistors à effet de champ à jonction 8 et des transistors bipolaires 9.

Le circuit électronique autonome 12 est agencé pour piloter en continu ou par intermittences les transistors bipolaires 9 et ainsi augmenter l'amortissement. Dans ce cas, l'amortissement augmente comme l'énergie restituée par le moteur (cas d'une rafale sur la surface aérodynamique mobile 1). Le circuit électronique autonome 12 fonctionne lorsque le moteur produit une énergie suffisante pour l'alimenter.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit mais englobe toute variante entrant dans le champ de la définition de l'invention figurant dans les revendications.

En particulier, le coupe-circuit est facultatif si les résistances 10 sont correctement dimensionnées pour tous les cas d'utilisation.

En outre, à titre de sécurité, on peut prévoir deux circuits électroniques autonomes.

REVENDICATIONS

1. Circuit d'alimentation d'un moteur électrique, comprenant une pluralité de bras de ponts onduleurs pourvus des moyens de leur connexion chacun à un enroulement du moteur, caractérisé en ce que chaque bras de pont onduleur comporte en série un premier transistor bipolaire à grille isolée et un transistor à effet de champ à jonction qui sont reliés à une unité de commande, et en ce que le circuit comprend un deuxième transistor bipolaire à grille isolée monté en série avec chaque transistor à effet de champ et relié à l'unité de commande, et une résistance d'amortissement monté en parallèle du deuxième transistor bipolaire.

2. Le circuit selon la revendication 1, comportant en entrée des moyens de raccordement à un réseau continu auxquels est associé un coupe-circuit agencée pour isoler le circuit d'alimentation du réseau lorsque les résistances d'amortissement sont alimentées.

3. Le circuit selon la revendication 1, comportant au moins un circuit électronique autonome qui est relié aux enroulements en parallèle des deuxièmes transistors bipolaires et des transistors à effet de champ et qui est agencé pour piloter en continu ou par intermittences les deuxièmes transistors bipolaires et ainsi augmenter l'amortissement.

4. Organe de commande de vol d'un aéronef, comportant une surface aérodynamique mobile associée à au moins un moteur d'entraînement relié au circuit d'alimentation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3.

1/1

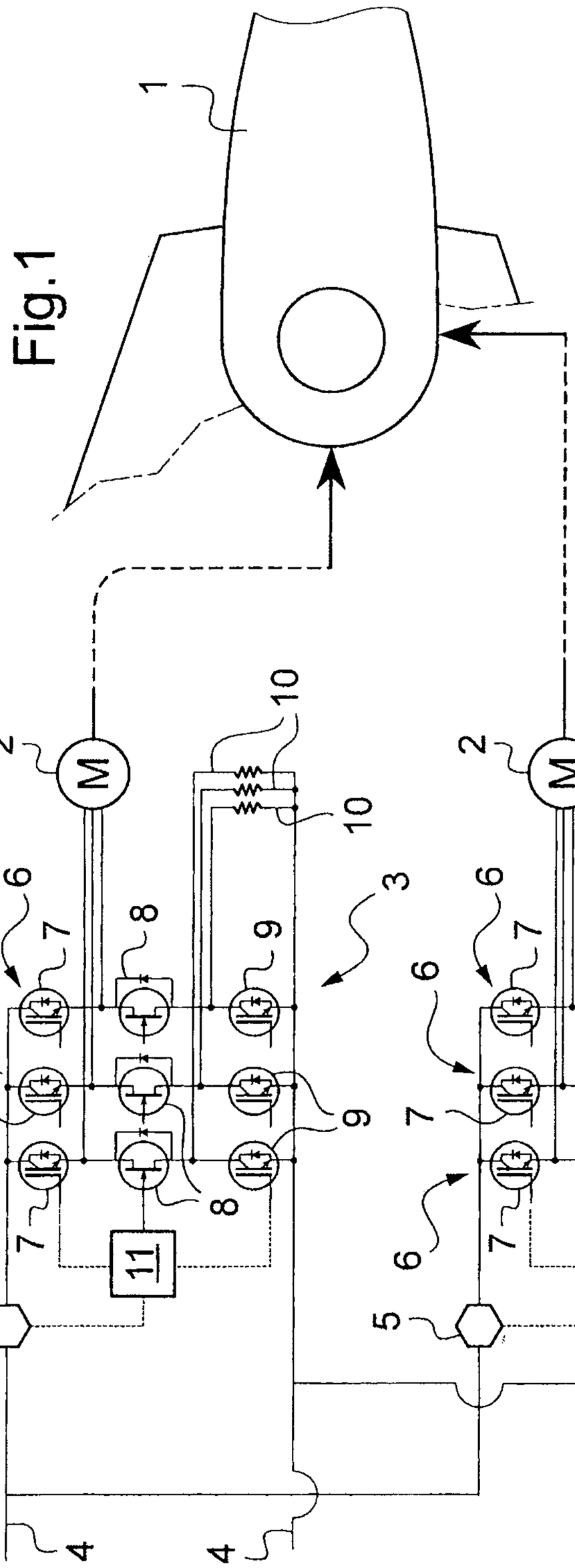


Fig.1

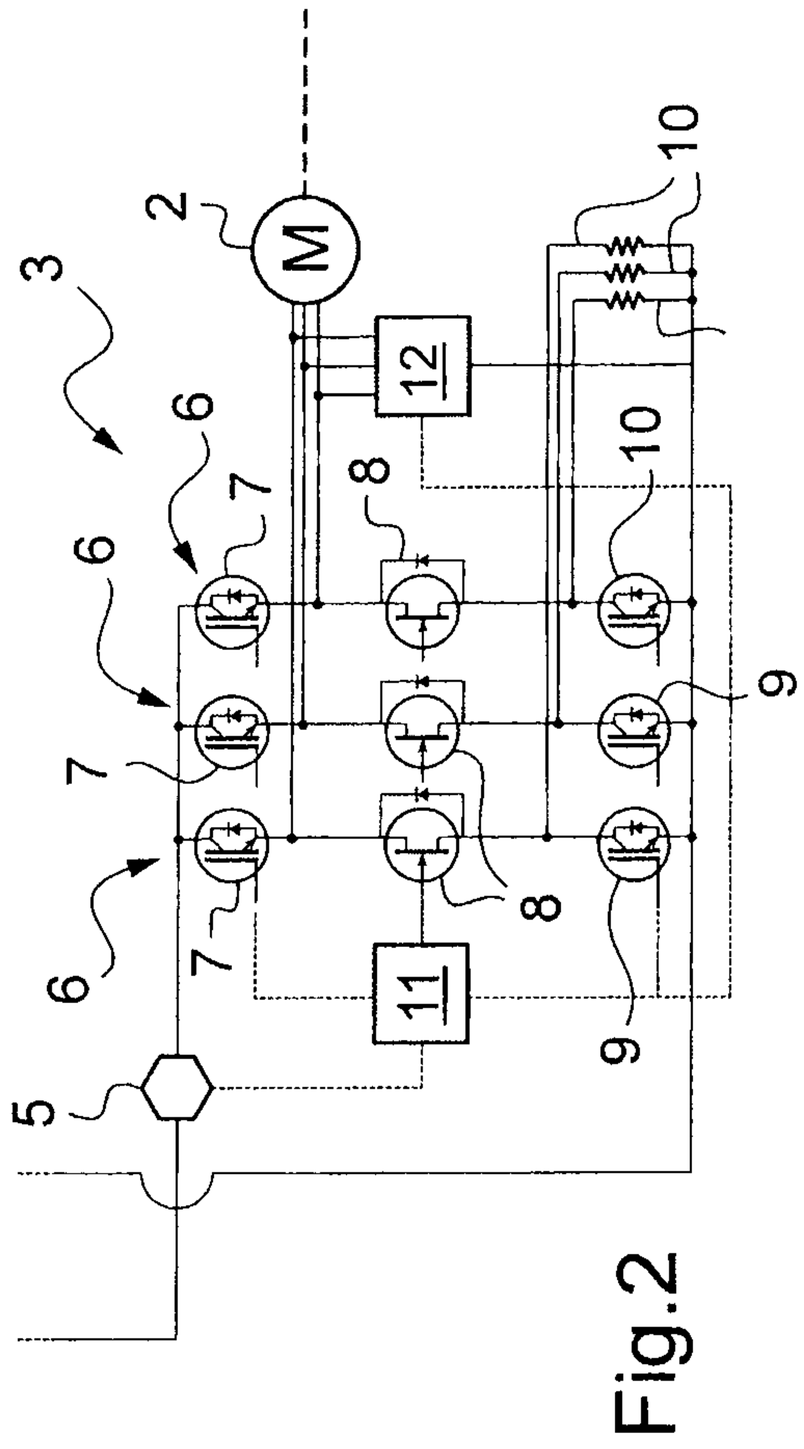
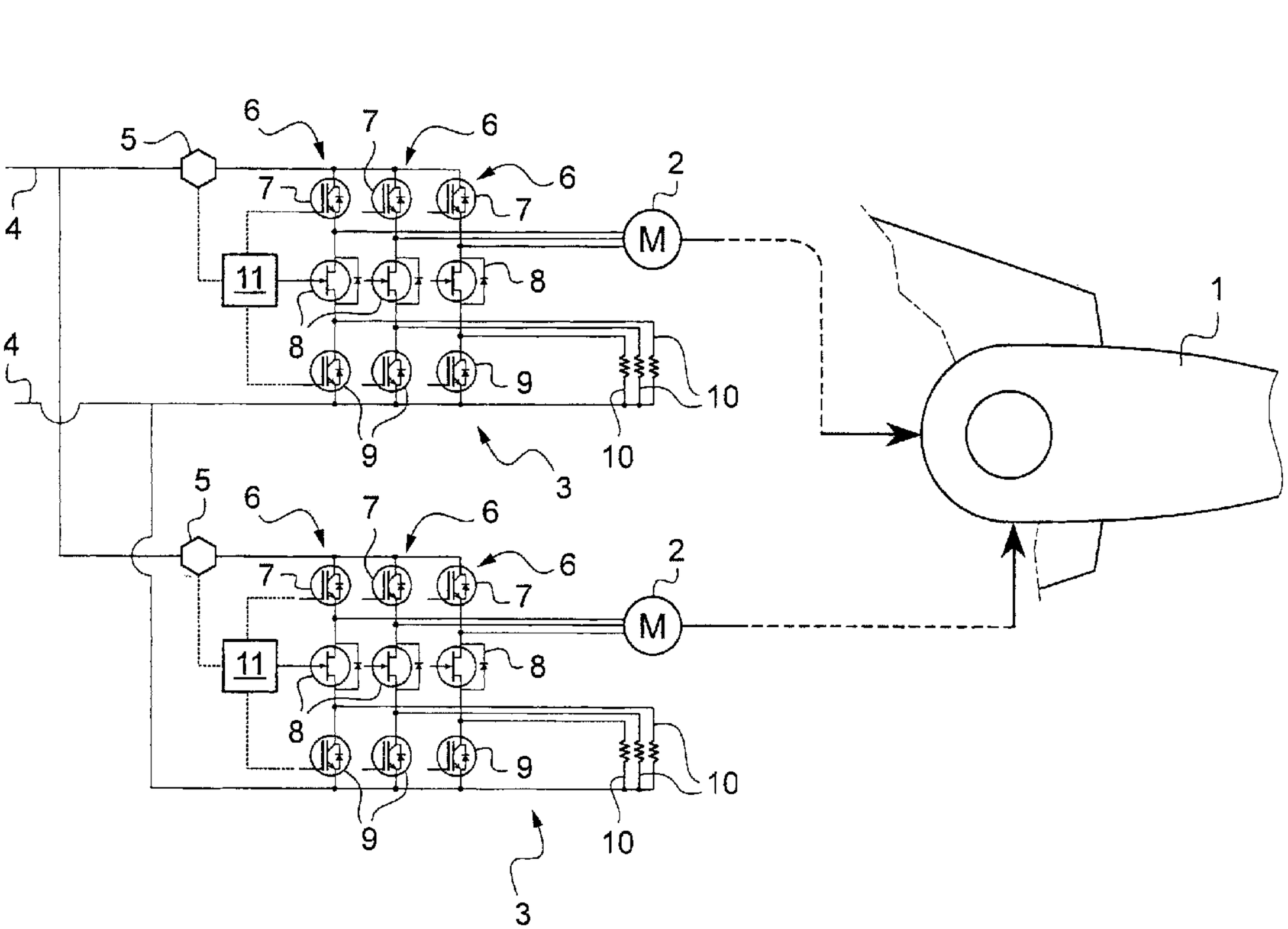


Fig.2


5
6
7
6
7
6
7
2
M
4
11
8
8
4
9
10
9
10
3
1
5
6
7
6
7
6
7
2
M
11
8
8
9
10
9
10
3