

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/125013 A2

(43) Date de la publication internationale
15 octobre 2009 (15.10.2009)

PCT

(51) Classification internationale des brevets :
H02J 1/10 (2006.01) H02J 5/00 (2006.01)
H02J 3/00 (2006.01) H02J 3/14 (2006.01)
H02J 4/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2009/054339

(22) Date de dépôt international :
9 avril 2009 (09.04.2009)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0801951 9 avril 2008 (09.04.2008) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 45 rue de Villiers, F-92200 Neuilly
Sur Seine (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : TARDY,
Alain [FR/FR]; 1 quai d'Austerlitz, F-75013 Paris (FR).

(74) Mandataires : COLLET, Alain et al.; Marks & Clerk,
Immeuble Visium, 22 avenue Aristide Briand, F-94117
Arcueil (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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, 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, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

(54) Title : ELECTRICAL NETWORK FOR AIRCRAFT

(54) Titre : RESEAU ELECTRIQUE D'UN AERONEF

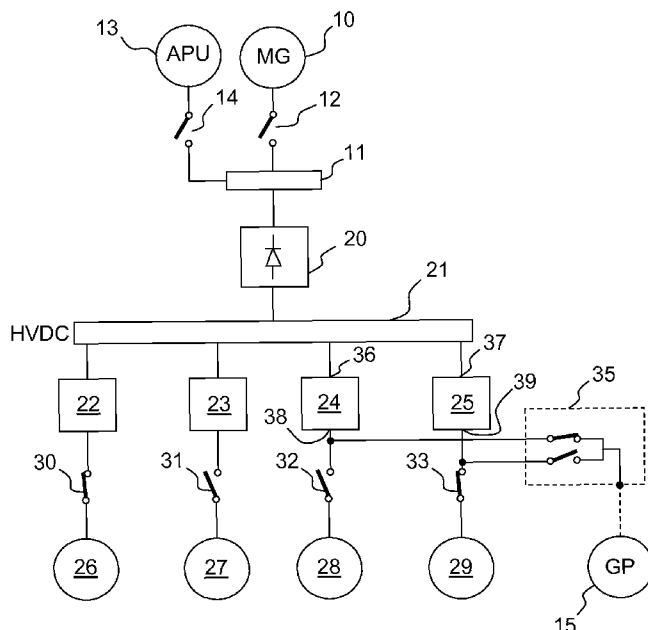


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to an electrical network for an aircraft. The invention is particularly useful for commercial jumbo jets that increasingly comprise onboard electrical devices. The network comprises a main generator (10, 13) providing alternative tension, a unidirectional rectifier (20) providing continuous tension to a continuous bus (21) from the alternative tension, and a plurality of bidirectional converters (22 through 25) for supplying charges. The aircraft, while on the ground, can be supplied by a stack generator (15). According to the invention, the stack generator (15) is connected onto at least one converter (22 through 25) and no longer onto the rectifier (20). The invention enables streamlining of the rectifier (20) and the generator (10, 13).

(57) Abrégé : L'invention concerne un réseau électrique d'un aéronef. L'invention trouve une utilité particulière pour les avions commerciaux gros porteurs qui comportent de plus en plus d'équipements électriques embarqués. Le réseau comporte un générateur principal (10, 13) fournissant une tension alternative, un redresseur (20) unidirectionnel fournissant une tension continue à un bus continu (21) à partir de la tension alternative et une pluralité de convertisseurs bidirectionnels (22 à 25) destinés à alimenter des charges. L'aéronef peut être alimenté, lorsqu'il est au sol par un générateur de parc

(15). Selon l'invention, le générateur de parc (15) est connecté au niveau d'au moins un convertisseur (22 à 25) et non plus au niveau du redresseur (20). L'invention permet de simplifier le redresseur (20) et le générateur (10, 13).

WO 2009/125013 A2

Réseau électrique d'un aéronef

L'invention concerne un réseau électrique d'un aéronef. L'invention trouve une utilité particulière pour les avions commerciaux gros porteurs qui comportent de plus en plus d'équipements électriques embarqués. Ces équipements sont de nature très variée et leur
5 consommation énergétique est très variable dans le temps. A titre d'exemple, les systèmes de climatisation et d'éclairage internes sont en fonctionnement quasi continu alors des systèmes de sécurité redondants comme des commandes de gouverne, ne sont utilisés qu'exceptionnellement.

Généralement, l'avion dispose de générateurs électriques triphasés permettant l'alimentation de l'ensemble des équipements
10 électriques embarqués appelés charges par la suite. Ces générateurs délivrent par exemple une tension de 115 V à une fréquence de 400 Hz vers un réseau alternatif de l'avion. A bord d'un avion, on trouve par exemple un ou plusieurs générateurs principaux, bien connus dans la littérature anglo-
15 saxonne sous le nom de « main generator ». Il s'agit de machines électriques tournantes entraînées par le ou les moteurs de l'avion. On trouve également un générateur auxiliaire bien connu dans la littérature anglo-saxonne sous le nom de « auxiliary power unit » entraîné par une turbine dédiée à ce générateur et permettant l'alimentation de l'avion lorsqu'il est au sol. De
20 nombreux aéroports disposent de générateurs de parc permettant d'alimenter directement le réseau alternatif de l'avion pour éviter de faire appel au générateur auxiliaire.

L'avion dispose généralement d'un redresseur permettant de fournir une tension continue à partir du réseau alternatif vers un réseau
25 continu haute tension bien connu dans la littérature anglo-saxonne sous le nom de « high voltage direct current ». Les différentes charges de l'avion sont alimentées par le réseau continu au travers de convertisseurs. Le redresseur doit être compatible des différents générateurs pouvant alimenter le réseau alternatif. Par exemple les générateurs de parc sont généralement
30 peu tolérants aux perturbations rejetées par le réseau alternatif et notamment par le redresseur. Des normes internationales telle que par exemple MIL STD 704 ou ABD 100 définissent notamment une fourchette dans laquelle la tension du réseau doit évoluer, un taux d'harmonique maximum et un déséquilibre maximum entre phases du réseau.

Cette compatibilité entre les générateurs de parc et le réseau alternatif de l'avion est contraignante pour le réseau et notamment pour le redresseur.

L'invention cherche à libérer l'avion de ces contraintes en
5 proposant de ne plus prévoir la connexion des générateurs de parc directement sur le réseau alternatif alimenté par les générateurs embarqués.

Pour atteindre ce but, l'invention propose d'utiliser un ou plusieurs convertisseurs prévus pour alimenter, notamment en vol, des charges de l'avion en tension alternative pour connecter un générateur de parc.

10 A cet effet, l'invention a pour objet un réseau électrique d'un aéronef comprenant :

- au moins un générateur délivrant une tension alternative,
- un redresseur unidirectionnel fournissant une tension continue à un bus continu à partir de la tension alternative,
- 15 • une pluralité de convertisseurs bidirectionnels comportant deux points de raccordement, chaque convertisseur bidirectionnel étant raccordé en son premier point de raccordement au bus continu et pouvant être raccordés en son second point de raccordement à une charge de l'aéronef pour l'alimenter,
- 20 • des moyens de raccordement d'un groupe de parc destiné à fournir de l'énergie électrique à l'aéronef lorsqu'il est au sol,

caractérisé en ce que les moyens de raccordement du groupe de parc sont situés au second point de raccordement d'un au moins des convertisseurs bidirectionnels.

25

L'invention permet de simplifier les différents équipements connectés au réseau alternatif notamment le redresseur ainsi que le ou les générateurs pour lesquels on peut tolérer un niveau de qualité moindre, en terme de perturbation. L'invention permet également de réduire la masse de
30 composants de filtrage associés au redresseur en acceptant un taux d'harmonique en courant plus élevé. L'invention permet aussi d'augmenter la fréquence de la tension délivrée par le ou les générateurs, cette fréquence n'étant plus contrainte par celle d'éléments extérieurs à l'avion tel que le groupe de parc. En augmentant la fréquence du générateur, on peut en
35 diminuer la masse.

3

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

5 la figure 1 représente un schéma électrique d'un réseau installé à bord d'un aéronef ;

la figure 2 représente une variante de réalisation du schéma de la figure 1 ;

la figure 3 représente schématiquement un exemple de réalisation
10 d'un convertisseur mis en œuvre dans l'un des schémas des figures précédentes.

Par souci de clarté, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures.

15 La figure 1 représente schématiquement différents équipements électriques embarqués à bord d'un aéronef notamment un avion commercial gros porteur. Un générateur principal 10 noté MG est entraîné par un des moteurs de l'avion. Le générateur 10 fonctionne lorsque les moteurs de l'avion fonctionnent et délivre par exemple une tension de 115 V à une
20 fréquence de 400 Hz vers un réseau alternatif 11 de l'avion. Des moyens de déconnexion 12 permettant d'ouvrir la liaison reliant le générateur 10 au réseau 11. Un générateur auxiliaire 13, noté APU, est entraîné par une turbine dédiée à ce générateur 13 pour fournir au réseau alternatif 11 la tension de 115 V. De même, des moyens de déconnexion 14 permettant
25 d'ouvrir la liaison reliant le générateur auxiliaire 13 au réseau 11. La turbine fonctionne en utilisant le carburant de l'avion et est mise en œuvre lorsque l'avion est au sol. Dans de grands aéroports, le générateur 13 et sa turbine associée peuvent rester à l'arrêt et l'énergie nécessaire à l'avion peut être
30 fournie par un groupe de parc 15 connecté à l'avion. Ce groupe de parc 15 est par exemple installé à proximité de l'avion au sol au moyen d'un camion.

A bord de l'avion, est également installé un redresseur 20 connecté au réseau alternatif 11 et permettant de délivrer une tension continue à un réseau continu haute tension 21 noté HVDC selon une abréviation anglo-saxonne pour : « High Voltage Direct Current ». On peut
35 tolérer que le redresseur 20 rejette sur le réseau alternatif 11 des

perturbations plus importantes que celles autorisées par les normes citées plus haut puisque, selon l'invention, aucun moyen de connexion d'un groupe de parc n'est prévu sur le réseau alternatif 11. Le redresseur 20 est unidirectionnel. Il peut être réalisé au moyen d'un simple pont de diodes.

5 Le réseau continu 21 alimente plusieurs convertisseurs d'énergie 22 à 25 destiné chacun à alimenter une charge, respectivement 26 à 29 par l'intermédiaire d'une liaison pouvant être interrompue par un interrupteur, respectivement 30 à 33. La représentation de la figure 1 est schématique. Dans la pratique, une charge peut être alimentée par plusieurs
10 convertisseurs ou encore un convertisseur peut alimenter plusieurs charges. Certaines charges peuvent être alimentées en tension continue et le convertisseur associé converti alors la tension du bus continu 21 en une tension utilisable par la charge considérée. Dans un avion gros porteur, on trouve de nombreuses charges utilisant une tension alternative de 115 V
15 sous une fréquence de 400 Hz. Il s'agit par exemple des charges 28 et 29 représentées sur la figure 1. Pour alimenter ces charges, les convertisseurs 24 et 25 sont des onduleurs. Des onduleurs connus ont la particularité d'être réversibles et de ne rejeter que peu de perturbation lorsqu'ils sont utilisés en redresseur.

20 L'avion comporte en outre des moyens de raccordement 35 d'un groupe de parc et selon l'invention, les moyens de raccordement 35 sont reliés à au moins un des convertisseurs. Plus précisément, les convertisseurs 24 et 25 possèdent chacun un point de raccordement, respectivement 36 et 37, au bus continu 21, ainsi qu'un point de
25 raccordement respectivement 38 et 39 à une charge de l'aéronef. Dans l'exemple représenté, les moyens de raccordement 35 sont reliés aux points 38 et 39 et permettent de raccorder le groupe de parc 15 soit à l'un soit aux deux convertisseurs 24 et 25. Lorsque le groupe de parc est raccordé à l'avion, le bus continu 21 reçoit de l'énergie au travers d'un ou des deux
30 convertisseurs 24 et 25. Il est à noter que le groupe de parc peut alimenter directement certaines charges de l'aéronef, par exemple la charge 29 comme représenté sur la figure 1, sans faire transiter l'énergie ni par un des convertisseurs 22 à 25 ni par le redresseur 20.

35 La figure 2 représente une variante de réalisation dans laquelle plusieurs convertisseurs 41 à 45 forment une ressource commune. Chaque

convertisseur peut être affecté en temps réel aux différentes charges 26 à 29 en fonction du besoin instantané de chaque charge 26 à 29 et en fonction de la disponibilité de chacun des convertisseurs 41 à 45. A cet effet, le réseau électrique comporte des moyens d'aiguillage 50 permettant de faire varier
5 l'association entre convertisseurs 41 à 45 et charges 26 à 29. L'association des convertisseurs 41 à 45 et des charges 26 à 29 se fait en fonction du besoin en courant instantané et du mode de contrôle instantané de la charge qui lui est associée. Le mode de contrôle de la charge dépend essentiellement du type de charge. A titre d'exemple couramment mis en
10 œuvre dans un avion, on peut citer la régulation de vitesse, de couple ou de position, l'antigivrage ou le dégivrage, le fonctionnement à puissance constante et des stratégies diverses de contrôle moteur (défluxage, contrôle avec ou sans capteur).

Les moyens d'aiguillage 50 comportent par exemple des
15 interrupteurs commandés électriquement permettant d'associer chaque convertisseur à toutes les charges qui lui sont compatibles. On entend par compatible le fait que plusieurs charges peuvent fonctionner au moyen d'une alimentation commune, par exemple une tension de 115 V à une fréquence de 400 Hz. De même les moyens d'aiguillage 50 permettent de faire varier
20 l'association entre le groupe de parc 15 et un parmi plusieurs convertisseurs 43, 44 ou 45. Les convertisseurs permettant de délivrer une même alimentation forment un groupe dont les membres sont interchangeable. Les différents membres d'un groupe sont avantageusement identiques. Cela réduit les coûts de réalisation des convertisseurs en standardisant leur
25 production et permet de simplifier la maintenance en ne maintenant en stock qu'un seul type de convertisseur.

Le groupe est reconfigurable en fonction du besoin instantané des charges pouvant être alimenté par ce groupe. Il n'est pas nécessaire de disposer d'un convertisseur dédié à chaque charge. En effet, les charges ne
30 fonctionnent pas toutes simultanément. Le nombre de convertisseurs d'un même groupe est défini en fonction de la puissance maximale instantanée que l'ensemble des charges associées à un groupe peut consommer. Cette puissance est inférieure à l'addition des puissances maximales de chaque charge. Les moyens d'aiguillage permettent donc de réduire le nombre de
35 convertisseurs embarqués et donc la masse de ces convertisseurs.

De plus, la reconfiguration permet d'améliorer la disponibilité des charges. En effet, en cas de panne d'un convertisseur, un autre convertisseur du même groupe peut immédiatement prendre le relais pour alimenter la charge. Certaines charges critiques telles que par exemple des commandes de gouverne peuvent ainsi fonctionner avec une alimentation sécurisée sans pour cela nécessiter la redondance d'un convertisseur uniquement dédié à ces commandes. L'ensemble des convertisseurs d'un même groupe forme alors une ressource commune capable d'alimenter un groupe de charges. A l'intérieur d'une même ressource commune, les différents convertisseurs qui la composent sont indifférenciés.

La figure 3 représente schématiquement et de façon simplifiée un exemple de réalisation d'un convertisseur 22 à 25 ou 41 à 45. Le convertisseur comporte deux bornes 50 et 51, la borne 50 étant raccordée au pôle positif du réseau continu 21 et la borne 51 étant raccordée au pôle positif négatif du réseau continu 21. Entre les bornes 50 et 51, le convertisseur comporte trois branches 52, 53 et 54 comprenant chacune deux interrupteurs électroniques, T521 et T522 pour la branche 52, T531 et T532 pour la branche 53 et, T541 et T542 pour la branche 54. Dans chaque branche 52, 53 et 54 les deux interrupteurs sont reliés en série et une diode est connectée en parallèle de chaque interrupteur. Le repère de la diode est D suivi de la partie numérique du repère de l'interrupteur, par exemple la diode D 521 est connectée aux bornes de l'interrupteur T 521. Chaque diode est connectée en antiparallèle par rapport au sens du courant circulant dans chaque interrupteur de la borne positive 50 vers la borne négative 51. Les interrupteurs sont par exemple tous identiques et de type transistor bipolaire à grille isolée bien connu dans la littérature anglo-saxonne sous l'acronyme IGBT pour : « Insulated Gate Bipolar Transistor ». Dans chaque branche 52, 53 et 54, au point commun des deux interrupteurs, une self, respectivement L52, L53 et L54 est connectée par sa première borne. Une seconde borne, 56, 57 et 58 de chaque self, respectivement L52, L53 et L54, permet au convertisseur d'alimenter une charge triphasée. Des condensateurs C521 à C542 sont reliés entre une des bornes 56, 57 et 58 et une des bornes 50 et 51. Lorsque l'énergie électrique est fournie au convertisseur par le réseau continu 21, le convertisseur fonctionne en onduleur de tension. En revanche,

lorsque l'énergie électrique est fournie sous forme alternative entre les bornes 56, 57 et 58, par exemple par le groupe de parc 15, le convertisseur fonctionne en redresseur de courant. Pour redresser le courant fourni par le groupe de parc 15, on aurait pu mettre en œuvre un redresseur plus simple, par exemple à pont de diode. Mais ce type de redresseur aurait nécessité l'emploi d'un transformateur ou autotransformateur pour élever la tension fournie par le groupe de parc 15 (115V triphasé) afin d'atteindre la tension (540V) du bus continu 21. Au contraire le fonctionnement du convertisseur en redresseur de courant permet d'élever la tension sans transformateur.

REVENDICATIONS

1. Réseau électrique d'un aéronef comprenant :

- au moins un générateur (10, 13) délivrant une tension alternative,
- un redresseur (20) unidirectionnel fournissant une tension continue à un bus continu (21) à partir de la tension alternative,
- 5 • une pluralité de convertisseurs bidirectionnels (22 à 25 ; 41 à 45) comportant deux points de raccordement (36 à 39), chaque convertisseur bidirectionnels (22 à 25 ; 41 à 45) étant raccordé en son premier point de raccordement (36, 37) au bus continu (21) et pouvant être raccordés en son second point de raccordement (38, 39) à une charge (28, 29) de l'aéronef pour l'alimenter,
- 10 • des moyens de raccordement (35) d'un groupe de parc (15) destiné à fournir de l'énergie électrique à l'aéronef lorsqu'il est au sol, caractérisé en ce que les moyens de raccordement (35) du groupe de parc (15) sont situés au second point de raccordement (38, 39) d'un au moins des convertisseurs bidirectionnels (22 à 25 ; 41 à 45).
- 15

2. Réseau électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le convertisseur bidirectionnel (22 à 25 ; 41 à 45) auquel sont connectés les moyens de raccordement (35) d'un groupe de parc (15) peut alimenter directement, en son second point de raccordement (38, 39), une charge (29) de l'aéronef,

20

3. Réseau électrique selon la revendication 2, caractérisé en ce que la charge (29) pouvant être directement alimentée par le groupe de parc (15) fonctionne à une tension alternative de 115 V sous une fréquence de 400 Hz.

25

4. Réseau électrique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le générateur (10, 13) est entraîné soit par un moteur de l'aéronef soit par une turbine de l'aéronef, turbine dédiée au générateur (13).

30

5. Réseau électrique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'aiguillage (50) permettant de faire varier l'association entre convertisseurs (41 à 45) et charges (26 à 29).

5 6. Réseau électrique selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'association entre convertisseurs (41 à 45) et charges (26 à 29) peut varier en temps réel en fonction du besoin instantané de chaque charge (26 à 29) et de la disponibilité des convertisseurs (41 à 45).

10 7. Réseau électrique selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que les moyens d'aiguillage (50) permettent de faire varier l'association entre le groupe de parc (15) et un parmi plusieurs convertisseurs (43, 44, 45).

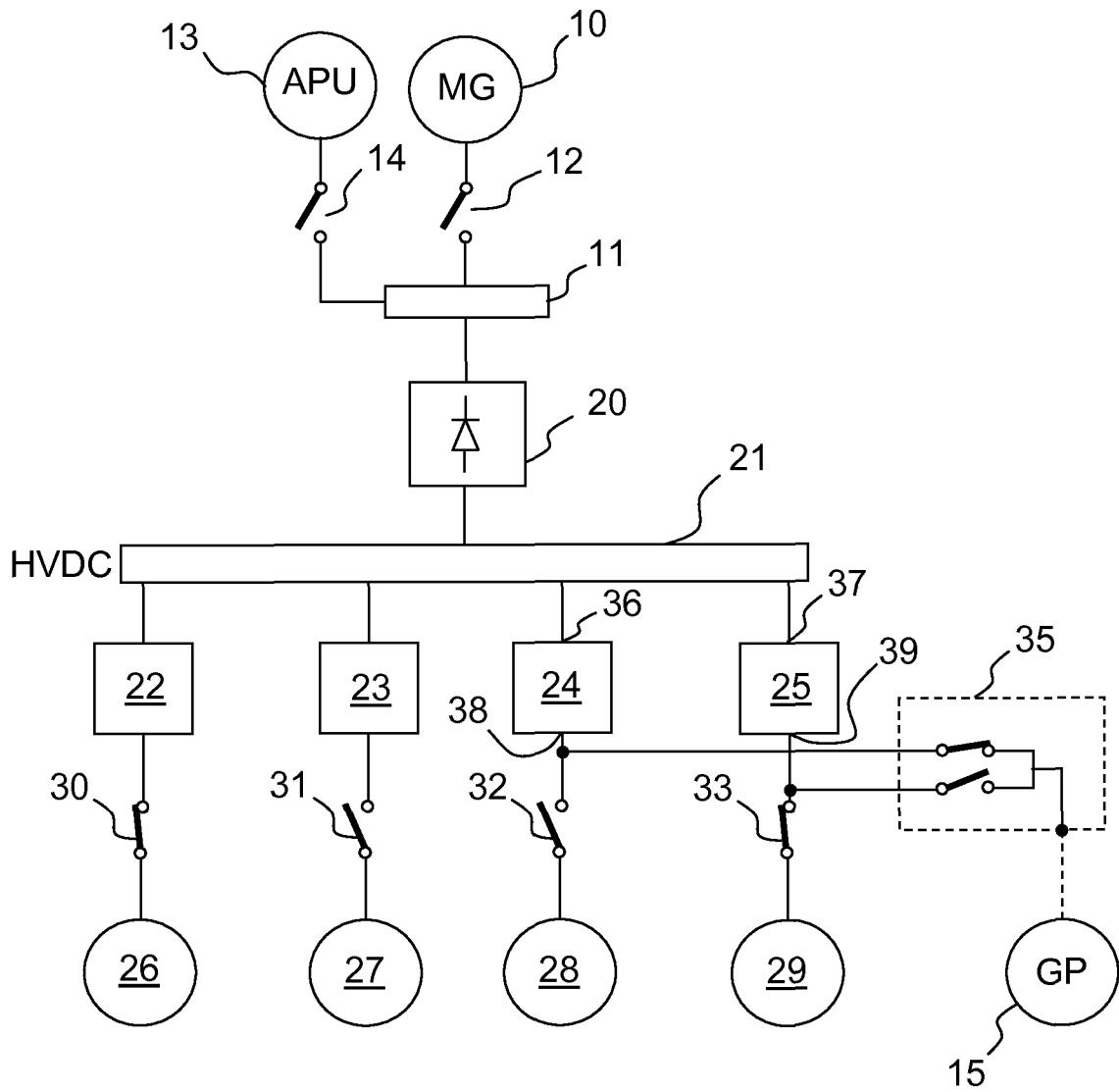


FIG.1

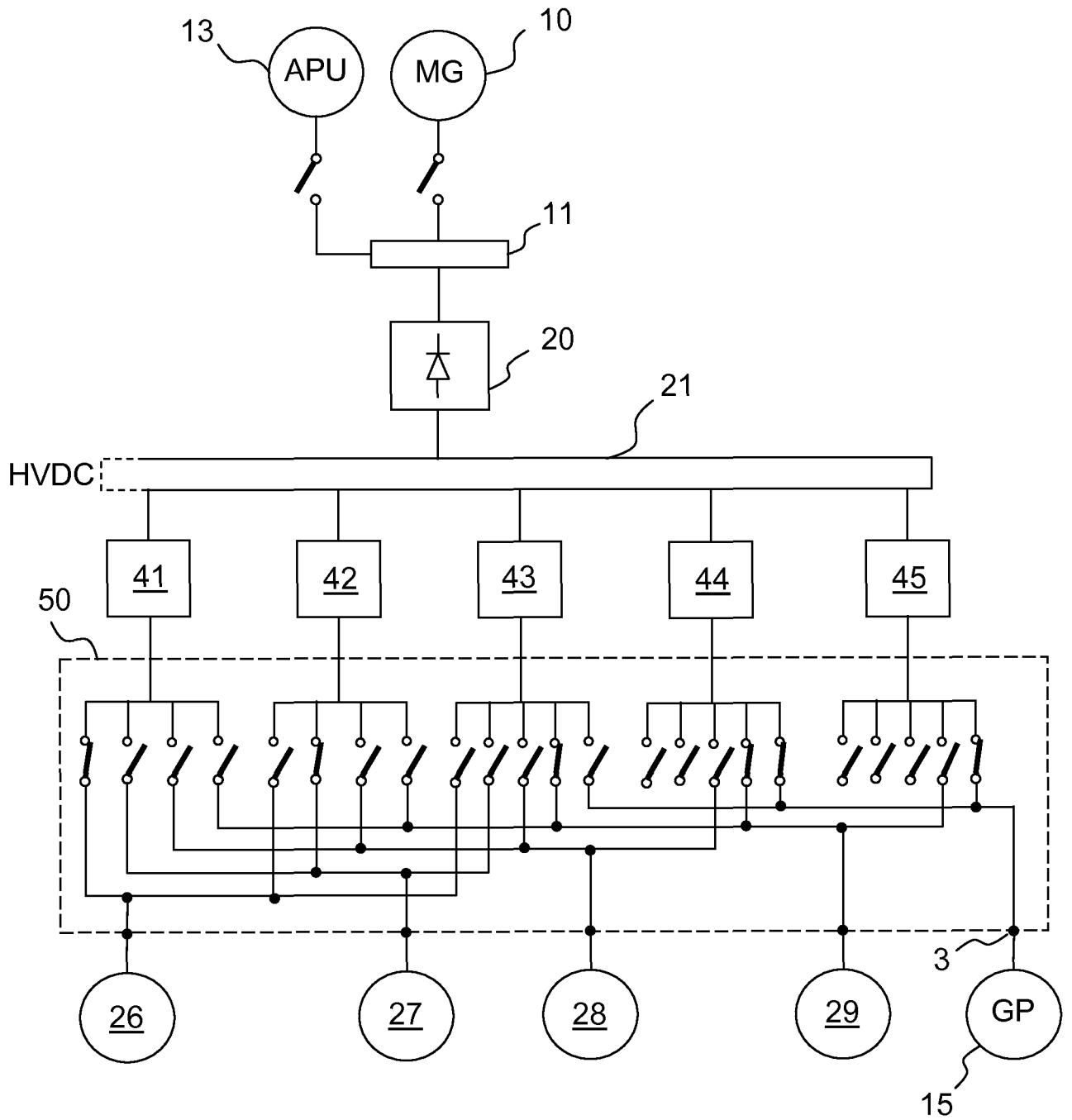


FIG.2

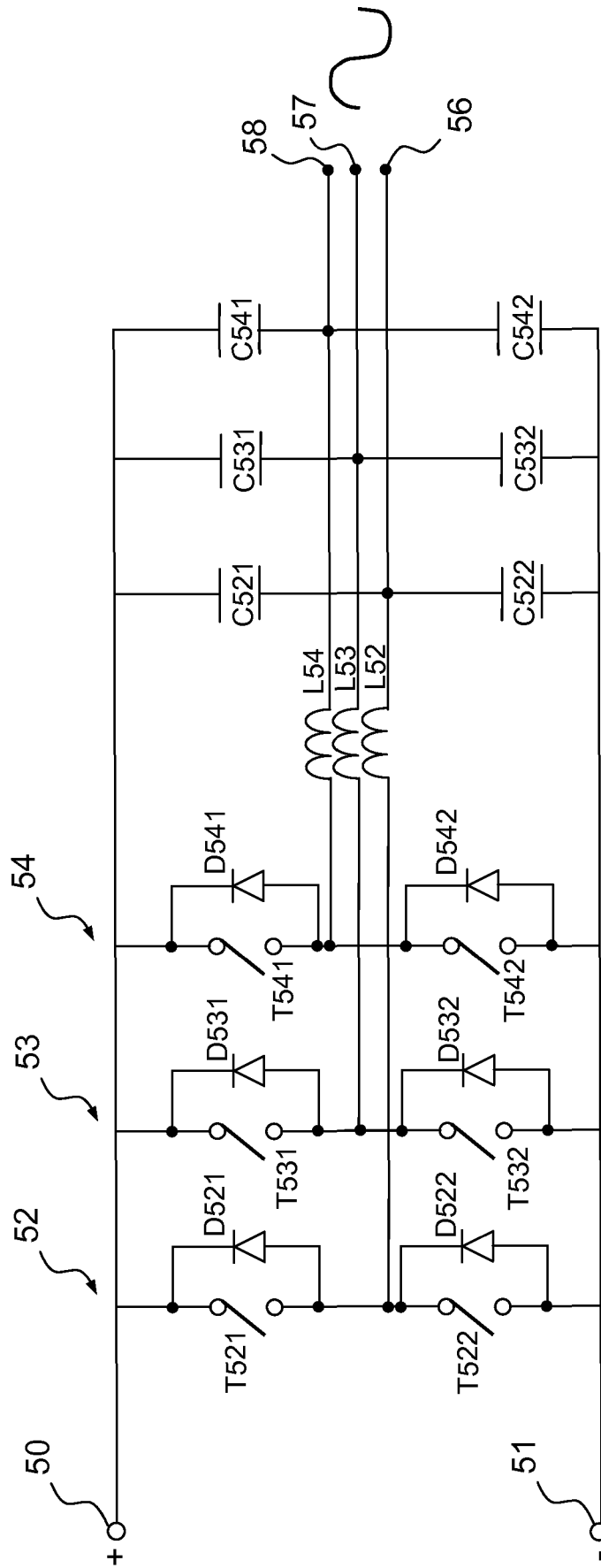


FIG.3