

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 20.12.18.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 26.06.20 Bulletin 20/26.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR SAS — FR.

72 Inventeur(s) : CAVES Laurent, FILIPE Raphael et CHEMIN Michael.

73 Titulaire(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR SAS.

74 Mandataire(s) : VALEO SYSTEMES DE CONTROLE MOTEUR - Service PI.

54 Procédé de commande d'une machine électrique tournante et système de commande correspondant.

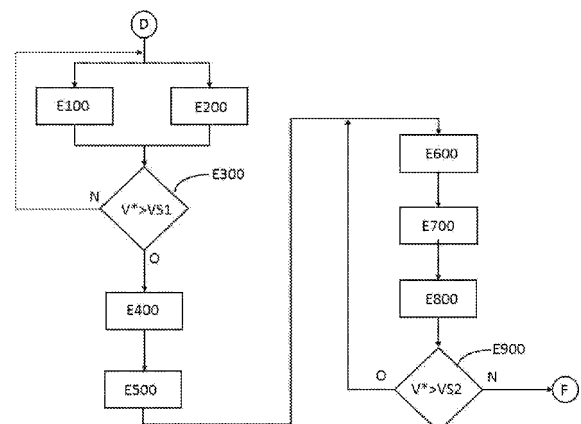
57 Procédé de commande d'une machine électrique tournante et système de commande correspondant

L'invention porte sur un procédé de commande d'une machine électrique tournante polyphasée et à rotor bobiné, ledit rotor étant alimenté par un pont en H, ledit pont en H comprenant un premier et un deuxième bras de commutation montés en parallèle, chaque bras comprenant un interrupteur de côté haut et un interrupteur de côté bas connectés l'un à l'autre en un point milieu, le point milieu de chacun desdits bras étant connecté à une extrémité différente du rotor bobiné, ladite machine électrique tournante fonctionnant en génératrice et étant reliée à un réseau électrique, ledit procédé comprenant une étape de mise en court-circuit (E400) dudit au moins un enroulement de phase du stator lorsque une mesure (V^*) de la tension dudit réseau dépasse une première valeur prédéterminée ($VS1$), ledit procédé étant en outre caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, successivement à l'étape de mise en court-circuit (E400), une étape d'activation (E500, E600, E700) du pont en H pendant laquelle

- l'interrupteur de côté haut du premier bras de commutation est maintenu en position ouverte
- l'interrupteur de côté bas du premier bras de commutation est maintenu en position fermée, et

- l'interrupteur de côté haut et de côté bas du deuxième bras de commutation sont actionnés selon un cycle de sorte que l'un est en position ouverte, l'autre en position fermée et inversement.

Figure pour l'abrégé : Figure 2



Description

Titre de l'invention : Procédé de commande d'une machine électrique tournante et système de commande correspondant

- [0001] La présente invention concerne un procédé de commande d'une machine électrique tournante polyphasée et à rotor bobiné connectée à un réseau électrique, notamment un réseau de bord d'un véhicule automobile, en cas de délestage de charge, ainsi qu'un système de commande adapté à la mise en œuvre de ce procédé.
- [0002] L'invention concerne aussi un système électrique comprenant ce système de commande et une machine électrique tournante polyphasée et à rotor bobiné commandée par ce système de commande.
- [0003] Dans un véhicule automobile, le réseau de bord sert à alimenter les différents équipements électriques dont est équipé le véhicule. L'alimentation est fournie par au moins une batterie. Celle-ci est rechargée grâce à une machine électrique tournante, à partir de l'énergie fournie par la rotation du moteur thermique du véhicule. Par machine électrique tournante, on entend de façon générale toute machine électrique tournante polyphasée et à rotor bobiné utilisée pour la production de courant continu de sortie alimentant le réseau de bord. Il peut en particulier s'agir d'un alternateur ou encore d'un alterno-démarrreur.
- [0004] En cas de déconnexion brutale d'une charge électrique du réseau de bord, de la batterie ou des deux, il se crée un phénomène de délestage de charge (en anglais « load dump ») qui occasionne une surtension sur le réseau de bord. En effet, la machine ne réagissant pas instantanément au délestage de charge, celle-ci continue à délivrer le même courant de sortie alors que la consommation en courant du côté du réseau de bord a chuté. Par conséquent, tous les condensateurs reliés au réseau de bord se chargent et la tension continue sur le réseau de bord monte de façon importante.
- [0005] Une telle surtension peut endommager ou réduire la fiabilité non seulement de la machine électrique tournante elle-même mais aussi d'éventuelles appareils électriques connectés sur le réseau de bord.
- [0006] Il convient donc de détecter de telles surtensions de forte amplitude et le cas échéant de mettre la machine électrique tournante en sécurité.
- [0007] Pour ce faire, il est connu de l'état de la technique un procédé de commande d'une machine électrique tournante polyphasée et à rotor bobiné, ledit procédé de commande étant du type de ceux consistant à court-circuiter au moins un enroulement de phase du stator en cas de délestage de charge, ledit procédé comprenant une étape de mise en court-circuit dudit au moins un enroulement de phase du stator lorsque la tension dudit réseau dépasse une première valeur prédéterminée.

- [0008] Cette méthode simple de l'état de la technique permet de faire baisser la tension sur le réseau de bord en maintenant au moins une phase du stator en court-circuit tant que cette tension n'est pas revenue à un niveau acceptable.
- [0009] Toutefois, il peut s'écouler un temps non négligeable avant que la tension sur le réseau de bord ne revienne à un niveau acceptable.
- [0010] L'invention a pour but de pallier au moins en partie à cet inconvénient.
- [0011] A cet effet, l'invention concerne, selon un premier aspect, un procédé de commande d'une machine électrique tournante polyphasée et à rotor bobiné alimenté par un pont en H, ledit pont en H comprenant un premier et un deuxième bras de commutation montés en parallèle, chaque bras comprenant un interrupteur de côté haut et un interrupteur de côté bas connectés l'un à l'autre en un point milieu, le point milieu de chacun desdits bras étant connecté à une extrémité différente du rotor bobiné, ladite machine électrique tournante fonctionnant en génératrice et étant reliée à un réseau électrique ledit procédé comprenant une étape de mise en court-circuit dudit au moins un enroulement de phase du stator lorsque la tension dudit réseau dépasse une première valeur prédéterminée, ledit procédé étant en outre caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, successivement à l'étape de mise en court-circuit, une étape d'activation du pont en H pendant laquelle
1. l'interrupteur de côté haut du premier bras de commutation est maintenu en position ouverte
 2. l'interrupteur de côté bas du premier bras de commutation est maintenu en position fermée, et
 3. l'interrupteur de côté haut et de côté bas du deuxième bras de commutation sont actionnés selon un cycle de sorte que l'un est en position ouverte, l'autre en position fermée et inversement.
- [0012] Ainsi, le procédé de commande selon l'invention est du type de ceux consistant à court-circuiter au moins un enroulement de phase du stator en cas de délestage de charge.
- [0013] Ce procédé est remarquable en ce que le pont en H est commandé lors de l'étape d'activation, i.e. lorsque qu'au moins un enroulement de phase du stator est court-circuité, de sorte à injecter du courant dans le rotor bobiné afin de faire baisser la tension sur le réseau de bord.
- [0014] Au sens de l'invention, un cycle est une succession de deux intervalles de temps. Dans le premier intervalle de temps, l'interrupteur de côté haut du deuxième bras de commutation est en position ouverte et l'interrupteur de côté bas du deuxième bras de commutation en position fermée. Dans le deuxième intervalle de temps, l'interrupteur de côté haut du deuxième bras de commutation est en position fermée et l'interrupteur de côté bas du deuxième bras de commutation en position ouverte.

- [0015] Le procédé de commande selon l'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.
- [0016] Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, la mesure de la tension dudit réseau est obtenue par filtrage de la tension dudit réseau avec une constante de temps prédéterminée.
- [0017] Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, le cycle est tel que l'interrupteur de côté haut du deuxième bras du premier convertisseur est fermé entre 0 et 50% du temps, de préférence entre 10 et 30% du temps du cycle.
- [0018] Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, le cycle est répété au moins jusqu'à ce que la tension mesurée par le dispositif de mesure de tension soit inférieure à une valeur de tension prédéterminée.
- [0019] Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, le cycle est répété pendant une période temporelle prédéterminée.
- [0020] Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, tous les enroulements de phase du stator sont court-circuités lors de l'étape de mise en court-circuit.
- [0021] Corrélativement l'invention vise, selon un deuxième aspect, le système de commande d'une machine électrique tournante polyphasée et à rotor bobiné, ladite machine étant reliée à un réseau électrique par une première et une deuxième borne d'alimentation, ledit système étant apte à la mise en œuvre du procédé de commande selon le premier aspect de l'invention lorsque ladite machine tournante fonctionne en génératrice, ledit système de commande comprenant :
- a. un pont en H alimentant le rotor bobiné, ledit pont en H comprenant un premier et un deuxième bras de commutation montés en parallèle, chaque bras comprenant un interrupteur de côté haut et un interrupteur de côté bas connectés l'un à l'autre en un point milieu, le point milieu de chacun desdits bras étant connecté à une extrémité différente du rotor bobiné,
 - b. un circuit de redressement comprenant une pluralité de branches, chacune des branches comprenant au moins un interrupteur connecté à un enroulement de phase du stator, ledit circuit de redressement étant apte à alimenter en tension ledit réseau électrique,
 - c. un circuit électronique de commande ouvrant ou fermant les interrupteurs de la pluralité de branches, les interrupteurs de côté haut et les interrupteurs de côté bas,
 - d. un dispositif de mesure de la tension entre la première et la deuxième borne d'alimentation,

ledit système est caractérisé en ce que le circuit électronique de commande est conçu pour lorsque la tension mesurée par le dispositif de mesure dépasse une première

valeur prédéterminée :

- a. fermer pour au moins une phase, ledit au moins un interrupteur connectée à l'enroulement de ladite au moins une phase
- b. maintenir en position ouverte l'interrupteur de côté haut du premier bras de commutation
- c. maintenir en position fermée l'interrupteur de côté bas du premier bras de commutation, et
- d. actionner l'interrupteur de côté haut et de côté bas du deuxième bras de commutation selon un cycle de sorte que l'un est en position ouverte, l'autre en position fermée et inversement.

[0022] Le système de commande selon l'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

[0023] Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, le circuit électronique de commande est en outre conçu pour actionner l'interrupteur de côté haut et de l'interrupteur de côté bas du deuxième bras de commutation selon un cycle tel que l'interrupteur de côté haut du deuxième bras du premier convertisseur est fermé entre 0 et 50% du temps, de préférence entre 10 et 30% du temps du cycle.

[0024] Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, le circuit électronique de commande est en outre conçu pour répéter ledit cycle au moins jusqu'à ce que la tension mesurée par le dispositif de mesure de tension soit inférieure à une valeur de tension prédéterminée.

[0025] Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, le circuit électronique de commande est en outre conçu pour répéter ledit cycle au plus pendant une période temporelle prédéterminée.

[0026] Le système de commande bénéficie des mêmes avantages, cités précédemment, que le procédé de commande.

[0027] L'invention vise également, selon un troisième aspect, un système électrique comprenant un système de commande selon le deuxième aspect de l'invention, et une machine électrique tournante polyphasée et à rotor bobiné commandée par ledit système de commande.

[0028] Le système électrique bénéficie des mêmes avantages, cités précédemment, que le procédé de commande et le système de commande.

[0029] On peut également envisager, dans d'autres modes de réalisation, que le procédé de commande, le système de commande et le système électrique selon l'invention présentent en combinaison tout ou partie des caractéristiques précitées.

Brève description des dessins

- [0030] Des caractéristiques et avantages particuliers de la présente invention ressortiront de la description détaillée faite aux figures dans lesquelles :
- [0031] La [fig.1] représente un système électrique conforme à l'invention dans un premier mode de réalisation.
- [0032] La [fig.2] représente, sous forme d'ordinogramme, un procédé de commande selon un mode particulier de réalisation de l'invention lorsqu'il est mis en œuvre par le système électrique de la [Fig 1].
- [0033] La [fig.1] représente un système électrique 100 conforme à l'invention dans un premier mode de réalisation. Ce système électrique est par exemple destiné à être implémenté dans un véhicule automobile.
- [0034] Le système électrique 100 est connecté à un réseau de bord 1 d'un véhicule automobile comprenant au moins une source de tension continue 102. La source de tension continue 102 comporte une borne positive et une borne négative, cette dernière étant généralement connectée à une masse électrique GND, telle qu'un châssis du véhicule automobile. La source de tension continue 102 est conçue pour fournir une tension d'entrée E continue entre ces bornes.
- [0035] Le système électrique 100 comporte tout d'abord une machine électrique tournante polyphasée 106. Dans l'exemple décrit ici, la machine tournante électrique polyphasée 106 comporte 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 106 est une machine électrique triphasée et comporte en outre un enroulement rotorique R destiné à se voir appliquer une tension rotorique V_R et à être parcouru par un courant rotorique i_R . La machine électrique 106 est par exemple une machine électrique synchrone à rotor bobiné couplée à une courroie d'alternateur pour entraîner cette courroie en fonctionnement en tant que moteur et pour être entraînée par la courroie en fonctionnement en tant que génératrice.
- [0036] Le système électrique 100 comporte en outre un système de commande 101 conforme à l'invention qui comprend :
- a. un pont en H 110 conçu pour fournir la tension rotorique V_R à l'enroulement rotorique R de la machine électrique 106 à partir de la source de tension continue 102.
 - b. un circuit de redressement 108 connecté, d'une part, aux bornes de la source source de tension continue 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 source de tension continue 102. Le circuit de redressement 108 comporte ainsi une borne haute BH_{OS} et une borne basse BB_{OS} respectivement connectés aux bornes positive et négative de la source de tension continue 102. L'onduleur statorique 108 est destiné à recevoir ou à fournir un courant

d'onduleur statorique i_{OS} depuis la borne haute BH_{OS} .

- c. un circuit électronique de commande 120
- d. un dispositif de mesure 130 de la tension entre la borne haute BH_{OS} et la borne basse BB_{OS} ,

[0037] Le circuit de redressement 108 comporte en outre des bras respectivement associés aux phases statoriques U, V, W. Chaque bras comporte un interrupteur de côté haut connecté à la borne haute BH_{OS} et un interrupteur de côté bas connecté à la borne basse BB_{OS} . L'interrupteur de côté haut et l'interrupteur de côté bas sont en outre connectés l'un à l'autre en un point milieu connecté à la phase statorique U, V, W associée. Chaque bras est destiné à être commandé 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 circuit de redressement 108 est commandé par le circuit électronique de commande 120 pour faire commuter chaque bras entre ces deux configurations, de manière à réguler les courants parcourant les phases statoriques U, V, W. Dans le mode de réalisation décrit ici, les interrupteurs de côté haut et de côté bas des bras du circuit de redressement 108 sont des transistors à effet de champ à grille isolée plus couramment nommé MOSFET (acronyme anglais de Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor).

[0038] Le système électrique 100 comporte en outre une capacité 104 connectée entre les bornes BH_{OS} , BB_{OS} du circuit de redressement 108. La capacité 104 comporte par exemple un ou plusieurs condensateurs, par exemple des condensateurs chimiques.

[0039] Le pont en H 110 comporte tout d'abord une borne d'entrée BE_{AUX} connectée à la borne haute BH_{OS} du circuit de redressement 108. Le pont en H 110 comporte en outre deux bras respectivement associés à deux extrémités de l'enroulement rotorique R. Le premier bras comporte un interrupteur de côté haut Q1 connecté à la borne d'entrée BE_{AUX} et un interrupteur de côté bas Q2 connectée à la borne négative de la source de tension continue 102. L'interrupteur Q1 et l'interrupteur Q2 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 Q4 connecté à la borne négative de la source de tension continue 102 et un interrupteur Q3 de côté haut connectée à la borne d'entrée BE_{AUX} . L'interrupteur Q3 et l'interrupteur Q4 sont en outre connectés l'un à l'autre en un point milieu connecté à une deuxième extrémité de l'enroulement rotorique R. Les interrupteurs Q1, Q2, Q3 et Q4 sont destinés à se voir appliquer des commandes respectives générées par le circuit électronique de

commande 120 pour sélectivement ouvrir et fermer chacun d'entre eux. Dans le mode de réalisation décrit ici, les interrupteurs Q1, Q2, Q3 et Q4 sont des transistors à effet de champ à grille isolée plus couramment nommé MOSFET (acronyme anglais de Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor). En variante, le transistor Q1 peut être une diode.

[0040] Nous allons maintenant décrire, en référence à la [fig.2], les principales étapes d'un procédé de commande selon l'invention mis en œuvre par le système de commande 101 lorsque la machine électrique tournante 106 est dans son mode de fonctionnement en génératrice.

[0041] Initialement (étape D), la machine électrique tournante 106 fonctionne en génératrice.

Dans ce mode de fonctionnement en génératrice, le circuit électronique de commande 120 commande alternativement, lors d'une étape E100, à l'ouverture et à la fermeture les interrupteurs de côté bas et de côté haut du circuit de redressement 108 selon un mode de fonctionnement connu d'un redresseur synchrone. Lors de cette étape E100, le circuit électronique de commande 120 pilote également les interrupteurs Q1, Q2, Q3 et Q4 du pont en H 110 selon un mode de fonctionnement connu de l'homme du métier.

[0042] Parallèlement, lors d'une étape E200, le dispositif de mesure de la tension 130 réalise une mesure V^* de la tension entre les bornes haute BH_{OS} et basse BB_{OS} et communique cette tension mesurée au circuit de commande 120. La tension V^* est par exemple obtenu par filtrage de la tension entre les bornes haute BH_{OS} et basse BB_{OS} avec une constante de temps prédéterminée pour s'affranchir des ondulations de courant due au redressement et afin d'éviter de fausse détection de pertes de charge.

[0043] Lors d'une étape E300, la tension mesurée V^* est comparées à une première valeur prédéterminée $VS1$, par exemple de 58V, par le circuit de commande 120.

[0044] Si la tension mesurée V^* est inférieure à la première valeur prédéterminée $VS1$, aucune perte de charge n'est détectée, et le système de commande réalise de nouveau les étapes parallèles E100 et E200.

[0045] Si la tension mesurée V^* est supérieure à la première valeur prédéterminée $VS1$, une surtension sur le réseau de bord 1 due par exemple à la déconnexion de la source de tension continue 102 est détectée et le circuit électronique de commande 120, lors d'une étape E400, court-circuite un ou plusieurs des phases statoriques U, V, W de la machine électrique tournante 106.

[0046] Le court-circuit est réalisé en commandant à la fermeture les interrupteurs de côtés bas du circuit de redressement 108 associés aux phases statoriques à court-circuiter. Dans l'exemple décrit ici, l'ensemble des interrupteurs de côté bas du circuit de redressement 108 sont fermés afin de court-circuiter l'ensemble des phases du stator de

la machine électrique tournante. En variante, le court-circuit est réalisé en commandant à la fermeture tous les interrupteurs de côté haut associée aux phases statoriques à court circuiter.

- [0047] Puis, lors d'une étape E500, le circuit électronique de commande 120 commande en position ouverte l'interrupteur de côté haut du premier bras de commutation et en position fermée l'interrupteur de côté bas du premier bras de commutation.
- [0048] Ensuite, lors d'une étape E600, le circuit électronique de commande 120 commande en position ouverte l'interrupteur de côté haut du deuxième bras de commutation et en position fermée l'interrupteur de côté bas du deuxième bras de commutation et maintien ces interrupteurs dans cet état pendant un intervalle de temps DT.
- [0049] Puis, lors d'une étape E700, le circuit électronique de commande 120 commande en position fermé l'interrupteur de côté haut du deuxième bras de commutation et en position ouverte l'interrupteur de côté bas du deuxième bras de commutation et maintien ces interrupteurs dans cet état pendant un intervalle de temps DT2, l'intervalle de temps DT2 étant d'une longueur temporelle trois fois plus petite que l'intervalle de temps DT de sorte que l'interrupteur de côté haut du deuxième bras est fermé 25% du temps cumulé DT+DT2. L'intervalle de temps DT+DT2 correspond à un cycle selon l'invention.
- [0050] Lors d'une étape E800, le dispositif de mesure de la tension 130 réalise une mesure V^* de la tension entre les bornes haute BH_{OS} et basse BB_{OS} et communique cette tension mesurée au circuit de commande 120.
- [0051] Lors d'une étape E900, la tension mesurée V^* est comparées à une deuxième valeur prédéterminée $VS2$, par exemple de 54V, par le circuit de commande 120.
- [0052] Si la tension mesurée V^* est supérieure à la deuxième valeur prédéterminée $VS2$, le système de commande réalise de nouveau les étapes parallèles E600, E700, E800 et E900.
- [0053] Si la tension mesurée V^* est inférieure à la deuxième valeur prédéterminée $VS2$, le procédé de commande s'arrête (étape F).
- [0054] Dans le précédent mode de réalisation du procédé de commande selon l'invention, les étapes E600 et E700 sont réalisées périodiquement dans cet ordre tant que la tension mesurée V^* est supérieure à la deuxième valeur prédéterminée $VS2$ (test réalisé lors des étapes E800 et E900). En variante, les étapes E600 et E700 sont réalisées périodiquement dans cet ordre pendant un intervalle de temps prédéterminé DT3, par exemple de 40ms.
- [0055] Naturellement, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits en référence aux figures et des variantes pourraient être envisagées sans sortir du cadre de l'invention.
- [0056] Par exemple, dans les modes de réalisation précédemment décrit, les transistors sont

tous des MOSFET. En variante, ces transistors peuvent être des transistors bipolaires à grille isolée (IGBT, de l'anglais « Insulated Gate Bipolar Transistor »).

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de commande d'une machine électrique tournante polyphasée (106) et à rotor bobiné (R) ledit rotor étant alimenté par un pont en H (110), ledit pont en H comprenant un premier et un deuxième bras de commutation montés en parallèle, chaque bras comprenant un interrupteur de côté haut (Q1, Q3) et un interrupteur de côté bas (Q2, Q4) connectés l'un à l'autre en un point milieu, le point milieu de chacun desdits bras étant connecté à une extrémité différente du rotor bobiné (R), ladite machine électrique tournante fonctionnant en génératrice et étant reliée à un réseau électrique (1), ledit procédé comprenant une étape de mise en court-circuit (E400) dudit au moins un enroulement de phase du stator lorsque une mesure (V^*) de la tension dudit réseau dépasse une première valeur prédéterminée ($VS1$), ledit procédé étant en outre caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, successivement à l'étape de mise en court-circuit (E400), une étape d'activation (E500, E600, E700) du pont en H pendant laquelle
- l'interrupteur de côté haut du premier bras de commutation est maintenu en position ouverte
 - l'interrupteur de côté bas du premier bras de commutation est maintenu en position fermée, et
 - l'interrupteur de côté haut et de côté bas du deuxième bras de commutation sont actionnés selon un cycle de sorte que l'un est en position ouverte, l'autre en position fermée et inversement.
- [Revendication 2] Procédé de commande selon la revendication précédente dans lequel la mesure (V^*) de la tension dudit réseau est obtenue par filtrage de la tension dudit réseau avec une constante de temps prédéterminée.
- [Revendication 3] Procédé de commande selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le cycle est tel que l'interrupteur de côté haut du deuxième bras du premier convertisseur est fermé entre 0 et 50% du temps, de préférence entre 10 et 30% du temps du cycle.
- [Revendication 4] Procédé de commande selon l'une des revendications précédentes dans lequel ledit cycle est répété au moins jusqu'à ce que la tension mesurée par le dispositif de mesure de tension soit inférieure à une valeur de tension prédéterminée.
- [Revendication 5] Procédé de commande selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel ledit cycle est répété pendant une période temporelle prédéterminée.
- [Revendication 6] Procédé de commande selon l'une des revendications précédentes dans

lequel tous les enroulements de phase du stator sont court-circuités lors de l'étape de mise en court-circuit.

[Revendication 7]

Système de commande d'une machine électrique tournante polyphasée (106) et à rotor bobiné (R), ladite machine étant reliée à un réseau électrique (1) par une première et une deuxième borne d'alimentation (BH_{OS}, BB_{OS}), ledit système étant apte à la mise en œuvre du procédé de commande selon l'une des revendications précédentes lorsque ladite machine tournante fonctionne en génératrice, ledit système de commande comprenant :

- un pont en H (110) alimentant le rotor bobiné, ledit pont en H comprenant un premier et un deuxième bras de commutation montés en parallèle, chaque bras comprenant un interrupteur de côté haut et un interrupteur de côté bas connectés l'un à l'autre en un point milieu, le point milieu de chacun desdits bras étant connecté à une extrémité différente du rotor bobiné,
 - un circuit de redressement (108) comprenant une pluralité de branches, chacune des branches comprenant au moins un interrupteur connecté à un enroulement de phase du stator, ledit circuit de redressement étant apte à alimenter en tension ledit réseau électrique,
 - un circuit électronique de commande (120) ouvrant ou fermant les interrupteurs de la pluralité de branches, les interrupteurs de côté haut et les interrupteurs de côté bas,
 - un dispositif de mesure de la tension (130) entre la première et la deuxième borne d'alimentation,
- ledit système est caractérisé en ce que le circuit électronique de commande est conçu pour lorsque la tension mesurée par le dispositif de mesure dépasse une première valeur prédéterminée :
- fermer pour au moins une phase, ledit au moins un interrupteur connecté à l'enroulement de ladite au moins une phase,
 - maintenir en position ouverte l'interrupteur de côté haut du premier bras de commutation,
 - maintenir en position fermée l'interrupteur de côté bas du premier bras de commutation, et
 - actionner l'interrupteur de côté haut et de côté bas du deuxième bras de commutation selon un cycle de sorte que l'un est en position ouverte, l'autre en position fermée et inversement.

[Revendication 8]

Système de commande selon la revendication précédente, dans lequel le circuit électronique de commande est en outre conçu pour actionner

l'interrupteur de côté haut et de l'interrupteur de côté bas du deuxième bras de commutation selon un cycle tel que l'interrupteur de côté haut du deuxième bras du premier convertisseur est fermé entre 0 et 50% du temps, de préférence entre 10 et 30% du temps du cycle.

- [Revendication 9] Système de commande selon la revendication 7 ou 8 dans lequel ledit le circuit électronique de commande est en outre conçu pour répéter ledit cycle au moins jusqu'à ce que la tension mesurée par le dispositif de mesure de tension soit inférieure à une valeur de tension prédéterminée.
- [Revendication 10] Système de commande selon la revendication 7 ou 8 dans lequel ledit le circuit électronique de commande est en outre conçu pour répéter ledit cycle au plus pendant une période temporelle prédéterminée.
- [Revendication 11] Système électrique comprenant :
- un système de commande selon l'une quelconque des revendications 7 à 10 précédente, et
 - une machine électrique tournante polyphasée et à rotor bobiné commandée par ledit système de commande.

**RAPPORT DE RECHERCHE
 PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
 déposées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement
nationalFA 863132
FR 1873517

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	DE 10 2016 215237 A1 (SEG AUTOMOTIVE GERMANY GMBH [DE]) 22 février 2018 (2018-02-22) * alinéa [0040] - alinéa [0044]; figure 1 *	1-11	H02P9/10 H02H7/06
A	FR 2 975 241 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]) 16 novembre 2012 (2012-11-16) * revendication 1 *	1-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02P
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
8 octobre 2019		Closa, Daniel	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1873517 FA 863132**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **08-10-2019**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102016215237 A1	22-02-2018	AUCUN	

FR 2975241 A1	16-11-2012	BR 112013025188 A2	24-09-2019
		CN 103650328 A	19-03-2014
		EP 2707945 A1	19-03-2014
		FR 2975241 A1	16-11-2012
		JP 6053052 B2	27-12-2016
		JP 2014513518 A	29-05-2014
		KR 20140037078 A	26-03-2014
		RU 2013154557 A	20-06-2015
		US 2014343739 A1	20-11-2014
		WO 2012172216 A1	20-12-2012
