

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 130 473

21 N° d'enregistrement national : 22 13247

51 Int Cl⁸ : H 02 P 29/024 (2023.01), H 02 P 6/12

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.12.22.

30 Priorité : 15.12.21 DE 102021133298.2.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 16.06.23 Bulletin 23/24.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SEG Automotive Germany GmbH GmbH — DE.

72 Inventeur(s) : SAADAT Nima, RIECKEN Christian, DEVARAJA Murugaperumal, EGBERT Felix et STIGLER Christian.

73 Titulaire(s) : SEG Automotive Germany GmbH GmbH.

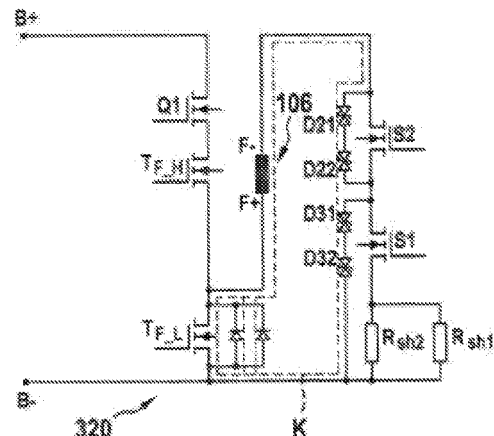
74 Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

54 Dispositif et procédé de gestion d'une machine électrique.

57 TITRE : Dispositif et procédé de gestion d'une machine électrique

Dispositif de commande pour la gestion d'une machine électrique comprenant une installation de régulation (320) pour commander l'enroulement de rotor comportant un commutateur côté haut (TF_H) et un commutateur de désexcitation (S1). Le commutateur TF_H relie une première borne de l'enroulement de stator à (B+); un semiconducteur (TF_L) relie la première borne de l'enroulement de rotor à (B-) et par un commutateur de désexcitation (S1) à (F-) de l'enroulement relié alors à (B-). En fonctionnement normal, pour la désexcitation, le composant (TF_L) est conducteur et le circuit de désexcitation est ouvert alors on forme un circuit de courant de désexcitation (K) par l'enroulement de rotor pour passer en cas de défaut à l'état sécurisé on coupe l'enroulement de rotor de la borne positive et on désexcite. L'un des commutateurs (TF_H, TF_L) (S1) est redondant et l'installation (320) a plusieurs points de mesure (Rsh1, Rsh2) entre la seconde borne (F-) et la borne (B-).

Figure 4b



FR 3 130 473 - A1



Description

Titre de l'invention : Dispositif et procédé de gestion d'une machine électrique

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention se rapporte à un dispositif de commande et un procédé de gestion d'une machine électrique comportant un enroulement de rotor et un enroulement de stator.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] Les machines électriques sont utilisées pour transformer de l'énergie mécanique en énergie électrique et réciproquement dans un véhicule automobile. Habituellement, pour commander ou gérer la machine électrique et en particulier les phases de l'enroulement de stator, on utilise un redresseur (ou inverseur). Les machines électriques caractéristiques ont, par exemple, trois, cinq, six phases ou plus. Le redresseur a, en général un demi-pont par phase et chacun de ces demi-ponts comprend respectivement deux commutateurs, par exemple, des MOSFET, ou IGBT ou autres composants semi-conducteurs. Un circuit de commande gère les différents commutateurs des demi-ponts ; il s'agit, ainsi, par exemple, de circuits pilotes de porte. Cela permet de transformer la tension continue du réseau de bord ou d'une batterie, en une tension alternative pour l'enroulement de stator. De même, le redresseur peut servir réciproquement à redresser le courant.

[0003] Les machines électriques ont une excitation électrique, par exemple, un enroulement de rotor (ou enroulement d'excitation). En général, une installation de régulation commande l'enroulement de rotor ; cette installation est reliée à l'enroulement de rotor. Une telle installation de régulation comporte en général au moins un commutateur (par exemple, un composant MOSFET ou IGBT ou autre composant semi-conducteur) pour appliquer, par exemple, la tension du réseau de bord ou de la batterie, à l'enroulement de rotor, c'est-à-dire commuter le courant d'excitation.

[0004] On peut également utiliser un demi-pont comprenant deux commutateurs, un commutateur côté haut et un commutateur côté bas. On peut également avoir un circuit de commande pour le ou les commutateurs, c'est-à-dire un circuit pilote de porte.

[0005] Selon le type de machine électrique et le nombre de phases de l'enroulement de stator, on a un ou plusieurs circuits de commande (circuits pilotes de porte) pour commander l'installation de régulation et les demi-ponts du redresseur. Le circuit de commande peut également commander plusieurs demi-ponts, par exemple, ceux de l'installation de régulation et, par exemple, deux redresseurs.

[0006] Le ou les circuits de commande sont reliés à un calculateur, par exemple, à un micro-

contrôleur (unité de microcontrôleur encore appelée unité MCU) ou encore un appareil de commande de moteur, par exemple, par une interface sphérique série ("Serial Peripheral Interface", SPI). Les circuits de commande peuvent ainsi recevoir les ordres à exécuter.

[0007] EXPOSE ET AVANTAGES DE L'INVENTION

[0008] L'invention a pour objet un dispositif de commande pour gérer une machine électrique avec un enroulement de rotor et un enroulement de stator, une installation de régulation reliée à l'enroulement de rotor pour le commander, l'installation de régulation comportant plusieurs commutateurs comprenant un commutateur côté haut et un commutateur de désexcitation, le commutateur côté haut reliant une première borne de l'enroulement de rotor à une borne d'alimentation positive du dispositif de commande, un composant semi-conducteur reliant la première borne de l'enroulement de rotor à la borne d'alimentation négative du dispositif de commande, le commutateur de désexcitation reliant une seconde borne de l'enroulement de rotor à la borne d'alimentation négative du dispositif de commande, le composant semi-conducteur et le commutateur de désexcitation sont disposés et installés de façon que si en mode normal pour la désexcitation, le composant semi-conducteur est conducteur et le commutateur de désexcitation est ouvert, il se forme un circuit de désexcitation par lequel se désexcite l'enroulement de rotor, le dispositif de commande étant conçu pour qu'en cas de défaut, prendre un état sécurisé dans lequel l'enroulement de rotor est coupé de la borne d'alimentation positive et/ou en cas d'enroulement de rotor raccordé, l'enroulement de rotor sera désexcité, au moins l'un des commutateurs de l'installation de régulation étant redondant ; ou l'installation de régulation comporte plusieurs points de mesure, notamment des résistances de mesure respectivement reliées entre la seconde borne de l'enroulement de rotor et la borne d'alimentation négative du dispositif de commande et plusieurs installations de mesure de surintensité pour saisir l'intensité dans leur roulement d'excitation en un point de mesure respectif et en cas de dépassement d'un seuil prédéterminé de l'intensité mesurée, basculer dans l'état sécurisé ; et/ou avec plusieurs installations de mesure de surtension, pour mesurer la tension et en cas de dépassement d'un seuil prédéterminé de la tension mesurée, basculer à l'état sécurisé.

[0009] L'invention a également pour objet un procédé de gestion d'une machine électrique, dans lequel, dans le cas d'au moins un défaut pendant le fonctionnement, on passe dans un état sécurisé en coupant l'enroulement de rotor de la borne d'alimentation positive et/ou en désexcitant l'enroulement de rotor.

[0010] L'invention concerne le fonctionnement des machines électriques comportant un enroulement de rotor et un enroulement de stator, en utilisant un dispositif de commande avec une installation de régulation et notamment également un redresseur et le cas

échéant un ou plusieurs circuits de commande correspondants.

- [0011] On peut prévoir des fonctions de protection pour protéger contre un défaut la machine électrique, le dispositif de commande avec le redresseur, l'installation de régulation et les autres circuits de commande, mais également le calculateur et le réseau de bord (ou réseau embarqué) avec, le cas échéant, les utilisateurs. De tels défauts ou conditions anormales sont, par exemple, une surintensité ou une surtension. Lorsque de tels défauts sont détectés, l'ensemble du dispositif de commande ou des différents composants sont informés, ce qui met en œuvre un chemin d'arrêt pour basculer le dispositif de commande dans un état sécurisé, par exemple, couper et décharger l'enroulement de rotor par rapport au réseau de bord.
- [0012] Un état sécurisé en liaison avec un redresseur est notamment la coupure du courant dans le réseau de bord du véhicule, soit par la mise en court-circuit des phases de la machine électrique, soit par des procédés passifs tels que des diodes Zener ou diodes TVS (diodes de suppression de tensions transitoires).
- [0013] Une opération selon laquelle certaines ou toutes les phases de la machine électrique sont intentionnellement court-circuitées est également appelée court-circuit actif ou court-circuit actif des phases. En général, par exemple, soit tous les commutateurs côté haut (commutateur qui relie les phases à la borne positive ou borne (+) du réseau de tension de bord) des demi-ponts du redresseur ou tous les commutateurs côté bas (commutateurs qui relient les phases à la borne négative ou borne (-) du réseau de bord (masse)) des demi-ponts du redresseur sont fermés en même temps (mis à l'état conducteur). Les autres commutateurs respectifs sont alors, en général, ouverts (mis à l'état non conducteur).
- [0014] Décharger l'enroulement de rotor, c'est-à-dire de son énergie accumulée, (encore appelée opération de désexcitation) consiste, en général, (dans le cas d'un demi-pont dans l'installation de régulation) à raccorder le commutateur reliant l'enroulement de rotor à la borne positive ou pôle plus du réseau de bord, appelé B+ (commutateur côté haut est ouvert) ; ainsi, l'alimentation principale du circuit d'excitation (le circuit électrique de l'enroulement de rotor ou enroulement d'excitation) est ainsi coupée. L'autre commutateur (le commutateur côté bas, commandé de manière appropriée en mode de régulation) est fermé et un autre commutateur (un commutateur de désexcitation qui, en mode de fonctionnement normal est fermé) est ouvert pour assurer la désexcitation de sorte que le courant passe par une résistance électrique (résistance de décharge), par exemple, parallèle au commutateur de sécurité (on a ainsi un courant circulaire dans le circuit de désexcitation) et ainsi on absorbe ce courant. A la place du commutateur côté bas, on peut également avoir d'autres composants semi-conducteurs tels que, par exemple, une diode de roue libre.
- [0015] Pour détecter les défauts, on peut utiliser différents signaux qui sont interrogés. De

tels signaux sont, par exemple, le signal de défaut de chaque circuit de commande (circuit pilote de porte), le signal de défaut externe qui arrive, de l'extérieur ou le signal d'autorisation, général, par exemple, venant de l'unité MCU.

- [0016] En mode normal, c'est-à-dire, en l'absence de défaut pendant le fonctionnement de la machine électrique, ces signaux sont tous à l'état 1. La combinaison logique ET dans une interrogation (circuit de détection de défaut) fait que le commutateur de sécurité reste fermé. Dès que des signaux changent d'état (passent, par exemple, à l'état 0), le commutateur de sécurité s'ouvre.
- [0017] Toutefois, dans un tel dispositif de commande pour la gestion d'une machine électrique, on peut avoir différents défauts ou problèmes qui ne peuvent être traités avec les solutions évoquées ci-dessus, ou ne peuvent pas l'être de manière suffisante, c'est-à-dire que l'on ne peut pas basculer dans un état sécurisé.
- [0018] Les défauts sont les suivantes :
- [0019] a) Défaut dans le commutateur côté haut de l'installation de régulation (par exemple, un état un permanent) : on ne peut assurer l'état sécurisé car l'enroulement de rotor (bobine d'excitation) ne peut être coupée de l'alimentation en courant, c'est-à-dire de la borne B+.
- [0020] b) Défaut du commutateur côté bas de l'installation de régulation (c'est-à-dire la coupure dans les deux directions) : on ne peut arriver à l'état sécurisé car le courant de désexcitation ne peut pas passer, c'est-à-dire que l'on ne peut pas former de circuit de courant de désexcitation ou fermer un tel circuit.
- [0021] c) Défaut dans le commutateur de désexcitation (par exemple, un état 1 permanent) de l'installation de régulation : on ne peut avoir d'état sécurisé car on ne peut avoir de courant circulaire pendant la désexcitation en passant par la résistance de désexcitation.
- [0022] d) Défaut dans la résistance de désexcitation (par exemple un court-circuit ou coupure) : on ne peut avoir d'état sécurisé car l'énergie accumulée dans la bobine d'excitation ne peut être absorbée dans la résistance.
- [0023] e) Circuit de détection de défaut ou circuit d'interrogation de sécurité (circuit de détection de défaut) qui ne reconnaît pas le défaut) : on ne peut passer à l'état sécurisé du fait de l'absence de détection du défaut.
- [0024] f) Défaut interne dans les circuits de commande (circuit pilote de porte) : cela peut se traduire par l'absence de réaction du circuit de commande lors d'une surtension ou autre défaut. C'est pourquoi on ne peut passer dans l'état sécurisé pour un défaut. On ne peut pas non plus arriver à un niveau de sécurité plus élevé.
- [0025] g) Cela s'applique, le cas échéant, à des défauts dans un commutateur des demi-ponts du redresseur (par exemple si l'un des commutateurs, par exemple, un commutateur côté bas est ouvert en permanence ou reste non conducteur).
- [0026] h) Défaut dans l'unité MCU (ou dans une autre unité de calcul) ou dans la commu-

nication avec l'unité MCU : il n'est pas possible de basculer dans l'état sécurisé car l'unité MCU ne peut offrir de niveau de sécurité élevé pour protéger le système.

- [0027] i) Défauts latents qui détériorent la disponibilité d'une limitation passive de la tension ne sont pas détectables car il faudrait appliquer une surtension en dehors de la plage de fonctionnement caractéristique au dispositif de commande, ce qui n'est, normalement, pas possible. C'est pourquoi, les procédés évoqués ci-dessus dans l'application de système critique de sécurité ne sont pas possibles en général ou seulement avec des limites élevées.
- [0028] La présente invention offre différentes solutions qui permettent d'éviter les cas présentés ci-dessus dans lesquels le défaut ne fait pas basculer à l'état sécurisé. En particulier, les différentes solutions proposées peuvent également être utilisées en combinaison.
- [0029] Selon un développement de l'invention, au moins l'un des commutateurs de l'installation de régulation est redondant. Cela permet notamment d'avoir un commutateur côté haut supplémentaire, en série avec le commutateur côté haut existant de sorte que le commutateur côté haut est redondant. On garantit la coupure de l'enroulement de rotor par rapport à la borne d'alimentation positive (B+) même si l'un des commutateurs côté haut est défectueux, c'est-à-dire reste conducteur en permanence ou peut être ouvert pour une autre raison (état 1 permanent).
- [0030] De façon avantageuse, un commutateur de désexcitation supplémentaire est prévu en série avec le commutateur de désexcitation qui est ainsi redondant. On a ainsi au moins une diode notamment une diode TVS ou une diode Zener branchée en parallèle au commutateur de désexcitation et/ou au commutateur de désexcitation supplémentaire, cette diode faisant partie du circuit de courant de désexcitation. On peut également avoir chaque fois deux ou plusieurs diodes branchées en parallèle au commutateur de désexcitation, ce qui supprime la résistance de désexcitation évoquée ci-dessus. La désexcitation se fait en passant par l'une ou plusieurs diodes.
- [0031] Les diodes TVS permettent une désexcitation plus rapide qu'une résistance de décharge. En variante, on peut également utiliser des diodes Zener pour le même effet. Deux commutateurs de désexcitation, par exemple, des composants MOSFET avec leurs diodes en parallèle permettent, en cas de défaillance de l'un des commutateurs ou des diodes ou des jeux de diode, de toujours maintenir la phase de désexcitation par l'autre commutateur avec les diodes.
- [0032] De façon préférentielle, le dispositif de commande comporte deux circuits d'interrogation de sécurité qui reçoivent au moins un signal de défaut commun et qui sont indépendantes l'un de l'autre pour passer à l'état sécurisé, notamment en désexcitant l'enroulement de rotor qui est raccordé. Si l'un de ces circuits de sécurité (ou logique de sécurité) ne devait réagir pendant le fonctionnement ou pendant

l'exécution ou pendant le lancement de l'état sécurisé, l'autre peut assurer la désexcitation.

- [0033] De façon avantageuse, au moins une diode est en parallèle au commutateur côté bas. De façon préférentielle, plusieurs diodes sont branchées en parallèle au commutateur côté bas (c'est-à-dire entre elles et en parallèle au commutateur). Cela augmente la fiabilité et la robustesse du circuit. Si le commutateur côté bas est défaillant, ces diodes garantissent la continuité du circuit de courant ou de désexcitation ce qui réduit également la charge thermique du commutateur côté bas.
- [0034] Selon un autre développement, l'installation de régulation comporte plusieurs points de mesure, notamment des résistances de mesure, par exemple, deux ou trois résistances branchées entre la seconde borne de l'enroulement de rotor et la borne d'alimentation négative du dispositif de commande. Ainsi, les points de mesure ou les résistances de mesure, par exemple, chaque fois en série avec le commutateur de désexcitation et/ou l'autre commutateur de désexcitation. En particulier, les points de mesure ou les résistances de mesure sont branchées en parallèles les uns aux autres. Plusieurs installations de mesure de surintensité sont conçues chacune pour saisir l'intensité du courant dans l'enroulement d'excitation aux points de mesure respectifs, c'est-à-dire, sur la résistance de mesure et en cas de dépassement d'un seuil prédéterminé par le courant mesuré, de passer à l'état sécurisé.
- [0035] Une installation de mesure de courant (ou circuit de mesure de courant) sert à mesurer le courant d'excitation. Cela peut se faire avec des résistances de mesure ou aussi aux points de mesure. En cas de surintensité, ce défaut (défaut de surintensité) est détecté par l'installation de mesure de surintensité (par exemple, un comparateur) et peut réagir à ce défaut. Un défaut fréquent dans le cas d'une résistance de mesure est celui d'un circuit de courant ouvert et c'est pourquoi une résistance de mesure en parallèle (autre résistance de mesure) assure le passage pour le courant d'excitation et le courant désexcitation ainsi que la surveillance du courant d'excitation.
- [0036] Les points de mesure ou résistances de mesure peuvent être installés, notamment de façon à être dans le circuit de courant de désexcitation. Alors les points de mesure ou les résistances de mesure sont notamment en série avec les diodes qui elles sont en parallèle avec les commutateurs de désexcitation. Les points de mesure ou les résistances de mesure peuvent également être branchés hors du circuit du courant de désexcitation.
- [0037] Selon un autre développement de l'invention, le dispositif de commande comporte plusieurs installations de mesure de surtension qui sont conçues chacune pour mesurer une tension et qu'au dépassement d'un seuil prédéterminé de tension mesurée de basculer à l'état sécurisé. De préférence, une ou plusieurs des installations de mesure de tension sont conçues pour mesurer la tension dans l'un des circuits de commande.

En variante ou en plus, l'une des installations de mesure de surtension est, de préférence, conçue pour mesurer la tension entre la borne d'alimentation positive et la borne d'alimentation négative du dispositif de commande.

[0038] Le fait d'éviter les surtensions est un des objectifs de sécurité les plus importants des machines électriques notamment lorsqu'elles sont appliquées à l'entraînement d'un véhicule, il est particulièrement avantageux d'augmenter le niveau de sécurité par plusieurs, par exemple, trois installations de mesure de surtension, indépendantes ou fonctions de détection de surtension. Chaque circuit de commande ou circuit pilote de porte a une installation de mesure de surtension dont le principe de fonctionnement est analogue ainsi qu'une installation de mesure de surtension externe agissant indépendamment de la fonction implémentée dans les circuits pilote de porte.

[0039] Pour augmenter encore plus la sécurité, un circuit de limitation de tension, par exemple, également sous la forme d'une ou plusieurs diodes TVS ou autre diode branchée en série, relie la borne d'alimentation positive (B+) du dispositif de commande et la borne d'alimentation négative (B-) du dispositif de commande. Cela constitue notamment un autre moyen pour éviter des surtensions.

[0040] Les différentes façons décrites ci-dessus permettent de détecter les défauts et de basculer dans l'état sécurisé. Les différents moyens proposés peuvent être utilisés séparément ou dans n'importe quelle combinaison en commun.

[0041] L'invention concerne également une machine électrique comportant un enroulement de rotor et un enroulement de stator et un dispositif de commande tel que défini ci-dessus selon l'invention.

[0042] L'invention a également pour objet un procédé de gestion d'une machine électrique comportant un enroulement de rotor et un enroulement de stator en utilisant un dispositif de commande selon l'invention. L'existence d'au moins un défaut pendant le fonctionnement permet de se mettre dans un état sécurisé en ce que l'enroulement de rotor est alors coupé de la borne d'alimentation positive et/ou est désexcité.

[0043] Les avantages et les développements de la machine électrique et du procédé sont ceux du dispositif de commande déjà présenté et qui ne seront pas répétés.

Brève description des dessins

[0044] La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide de modes de réalisation du dispositif de commande d'une machine électrique selon l'invention représenté dans les dessins annexés dans lesquels :

[0045] [Fig.1] schéma d'un réseau de bord avec un dispositif de commande de gestion d'une machine électrique selon l'invention,

[0046] [Fig.2] partie du dispositif de commande de la [Fig.1] selon une vue détaillée,

[0047] [Fig.3] mode de réalisation préférentiel d'un dispositif de commande selon

l'invention,

[0048] [Fig.4a] partie des différentes formes de réalisation préférentielle d'un dispositif de commande selon l'invention,

[0049] [Fig.4b] partie des différentes formes de réalisation préférentielle d'un dispositif de commande selon l'invention,

[0050] [Fig.5] partie d'un mode de réalisation préférentiel d'un dispositif de commande selon l'invention.

[0051] DESCRIPTION DE MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

[0052] La [Fig.1] montre le schéma d'un réseau embarqué ou réseau de bord 100, notamment d'un véhicule automobile comprenant une machine électrique 102 avec un enroulement de stator 104 et un enroulement de rotor 106 ainsi qu'une batterie, c'est-à-dire un accumulateur d'énergie 108 avec une borne positive de branchement B+ ou réseau de bord et une borne de branchement négative au réseau de bord B- (masse) ; ils servent de borne d'alimentation positive et de borne d'alimentation négative. Il est en outre prévu un condensateur de circuit, intermédiaire C.

[0053] A titre d'exemple, la machine électrique 102 est à cinq phases U, V, W, X et Y et des enroulements de phase correspondants. Mais, l'invention peut également s'appliquer à d'autres machines électriques avec un nombre de phases différent, par exemple, trois phases ou six phases.

[0054] Un dispositif de commande 110 comportant une installation de régulation de tension 120 applique un courant d'excitation à l'enroulement de rotor 106, c'est-à-dire régule celui-ci. L'enroulement de rotor peut être raccordé par sa première borne F+ et sa seconde borne F- à l'installation de régulation 120. L'installation de régulation 120 comporte à cet effet deux commutateurs (commutateur côté haut et commutateur côté bas) qui sont présentés à la [Fig.2].

[0055] En outre, il est prévu un redresseur (ou inverseur) 130 qui, suivant la phase, comporte un demi-pont comprenant deux commutateurs (un commutateur côté haut et un commutateur côté bas), par exemple, des composants MOSFET, ou IGBT. Ces commutateurs portent respectivement les références $T_{U,H}$ et $T_{U,L}$ pour le commutateur côté haut et le commutateur côté bas de la phase U ; la même remarque s'applique aux commutateurs des autres phase V, W, X et Y.

[0056] Il est en outre prévu deux circuits de commande ou circuits pilotes de porte 140, 142. Chacun des deux circuits de commande 140, 142, par exemple, commande six commutateurs semi-conducteurs et, à cet effet, il est relié à l'une des bornes de commande ou bornes de porte respectives (cela est indiqué par des flèches). A titre d'exemple, le circuit de commande 140 commande les deux commutateurs de l'installation de commutation de régulation 120 ainsi que les commutateurs des phases X et V. De façon correspondante, le circuit de commande 142 gère les commutateurs des phase U, V et

W. Les circuits de commande 140, 142 peuvent transmettre respectivement les signaux d'une unité de calcul 150 supérieure, telle qu'une unité centrale MCU.

- [0057] La [Fig.2] montre une partie du dispositif de commande 110 de la [Fig.1] suivant une représentation détaillée, à savoir, en particulier, celle de l'installation de commande de régulation 120. En particulier, le commutateur côté haut T_{F_H} et le commutateur côté bas T_{F_L} sont présentés ; ils sont commandés par le circuit de commande 140, ce qui est explicité à titre d'exemple, par des impulsions.
- [0058] Le commutateur côté haut T_{F_H} relie la première borne F+ de l'enroulement de rotor 106 et la borne d'alimentation positive B+ du dispositif de commande. Le commutateur côté bas T_{F_L} relie la première borne F+ de l'enroulement de rotor et la borne d'alimentation négative B- du dispositif de commande. En outre, un commutateur de désexcitation S1 relie la seconde borne F- de l'enroulement de rotor et la borne d'alimentation négative B- du dispositif de commande.
- [0059] En mode de fonctionnement normal, la fermeture (commutation dans le sens passant) du commutateur côté bas T_{F_L} et l'ouverture (commutation dans le sens de la coupure) du commutateur de désexcitation S1 forme un circuit de désexcitation pour décommander l'enroulement de rotor 106. Un tel circuit de courant de désexcitation porte la référence K et comporte une résistance de désexcitation R branchée en parallèle au commutateur de désexcitation S1.
- [0060] Le dispositif de commande 110 est en outre conçu pour que, dans un cas de défaut, il prend un état sécurisé dans lequel l'enroulement de rotor 106 est coupé de la borne d'alimentation positive B+ et/ou est désexcité. Ainsi, on peut ouvrir le commutateur côté haut T_{F_H} et/ou le commutateur de désexcitation S1.
- [0061] Dans le cas d'un défaut, on commande le circuit de commande 140 pour ouvrir le commutateur de désexcitation. Pour cela, on exploite une série de signaux de défaut (dans le cas actuel, par exemple, quatre défauts F1-F4). Selon le type de défaut (par exemple les états « 1 » ou « 0 » indiquant un défaut) il est prévu une combinaison logique appropriée.
- [0062] Dans le cas présent, par exemple, chacun des deux circuits de commande 140, 142 par un signal de défaut, par exemple, F1, F2 (c'est-à-dire que le circuit de commande concerné émet le signal de défaut correspond s'il y a un défaut). Un autre signal de défaut, par exemple F3 peut être un signal de défaut externe qui vient, par exemple, de l'extérieur, par exemple, d'une unité 155 au moins en dehors des circuits de commande 140, 142 et non l'extérieur de l'ensemble du redresseur de courant ; l'un des signaux, par exemple, F4 peut être un signal d'autorisation générale, par exemple, venant de l'unité centrale MCU 150.
- [0063] En outre, dans le montage ou dans le branchement parallèle composé du commutateur de désexcitation S1 et la résistance de désexcitation, on a une résistance de

mesure ou résistance shunt R_{sh} à laquelle est associée une installation de mesure de courant 152 pour mesurer le courant d'excitation.

[0064] En référence à la [Fig.1] on applique aux circuits de commande 140, 142 un signal de sécurité respectif SF1 ou SF2 qui permet de juger si tout est en ordre et si les circuits de commande fonctionnent normalement.

[0065] Comme décrit, pour un tel dispositif de commande, on peut rencontrer différents défauts ou problèmes qui ne sont pas résolus avec les possibilités habituelles ou ne le sont qu'insuffisamment, c'est-à-dire que l'on ne peut pas arriver dans un état sécurisé. Partant du circuit de commande 110 présenté aux figures 1 et 2, on redécrit ci-après, à l'aide des figures suivantes, différentes formes de réalisation préférentielles de l'invention.

[0066] La [Fig.3] montre un mode de réalisation préférentiel d'un dispositif de commande 210 selon l'invention. Le dispositif de commande 210 correspond fondamentalement au dispositif de commande 110 des figures 1 et 2 de sorte qu'il sera fait référence à cette description. Les signes de référence sont respectivement augmentés de 100. Pour les différences, on se reportera tout particulièrement à la description suivante. Un redresseur de courant (ou inverseur) n'est pas présenté de manière explicite ; il peut néanmoins être réalisé comme le redresseur 130.

[0067] En particulier, le dispositif de commande 210 comporte une installation de commutation de régulation 220 pour appliquer un courant d'excitation à l'enroulement de rotor 106 ou pour réguler ce courant. Cette installation de commutation de régulation 220 est notamment prévue pour représenter à échelle agrandie, le câblage des différents éléments de commutation de la [Fig.4a].

[0068] En complément de la [Fig.1], un commutateur côté haut Q1 supplémentaire est branché en série avec le commutateur côté haut $T_{F,H}$ de sorte que le commutateur côté haut $T_{F,H}$ est redondant. En l'absence de défaut ou d'incident, le commutateur côté haut supplémentaire Q1 est fermé ou est branché à l'état conducteur. Lorsqu'un état sûr doit être pris, mais si le commutateur côté haut $T_{F,H}$ est défectueux et ne peut plus être ouvert, cela peut se faire par le commutateur côté haut Q1 supplémentaire. Un circuit de commande 243 particulier est prévu pour ce commutateur côté haut Q1 supplémentaire.

[0069] Un commutateur de désexcitation supplémentaire S2 en série est prévu avec le commutateur de désexcitation S1 de sorte que le commutateur de désexcitation S1 est redondant. En l'absence de défaut ou d'incident, le commutateur de désexcitation supplémentaire S2 (de même que le commutateur de désexcitation normal S1) est fermé, c'est-à-dire passant. Lorsqu'on est dans un état sécurisé ou si l'enroulement de rotor doit être désexcité, mais si l'un des commutateurs de désexcitation devait être défectueux et ne pouvait plus s'ouvrir, cela peut se faire par l'autre commutateur de

désexcitation respectif. Pour commander les commutateurs de désexcitation S1 et S2 on a prévu deux circuits de commande 244, 245.

- [0070] Deux diodes en série D21 et D22 ou D31 et D32, par exemple, des diodes TVS ou des diodes Zener sont branchées en parallèle au commutateur de désexcitation S1 ou au commutateur de désexcitation supplémentaire S2. Comme cela apparaît, les diodes sont dans le circuit de courant d'excitation K. Les diodes rendent inutile la résistance de désexcitation de la [Fig.2].
- [0071] Chaque fois deux diodes DF1 et DF2 sont en parallèle au commutateur côté bas T_{F_L} on a à. Il en résulte également pour le commutateur côté bas T_{F_L} une certaine redondance, c'est-à-dire que l'on augmente la robustesse. Si le commutateur côté bas T_{F_L} devait être défectueux, ces diodes assurent l'opération de désexcitation.
- [0072] L'installation de régulation 220 comporte en outre deux résistances de mesure en parallèles R_{sh1} et R_{sh2} (points de mesure) qui sont branchées entre la deuxième borne F- de l'enroulement de rotor et la borne d'alimentation négative B- du dispositif de commande. Ainsi, pour le montage en parallèle, les résistances de mesure R_{sh1} et R_{sh2} sont branchées en série avec les commutateurs d'enroulement S1 et S2.
- [0073] La [Fig.4a] montre une installation de circuit de régulation 220 dont les résistances de mesure R_{sh1} et R_{sh2} ont été branchées dans le circuit électrique de désexcitation. Ainsi, le montage en parallèle des résistances de mesure R_{sh1} et R_{sh2} est également en boucle avec les diodes D21, D22, D31 et D32 pour une désexcitation plus rapide.
- [0074] La [Fig.4b] montre une installation de régulation 320 selon un autre mode de réalisation préférentiel. Le montage en parallèle des deux résistances de mesure R_{sh1} et R_{sh2} est également prévu entre la seconde borne F- de l'enroulement de rotor et la borne d'alimentation négative B- du dispositif de commande. Les résistances de mesure R_{sh1} et R_{sh2} ne sont pas reliées au circuit de désexcitation K et ainsi elles ne sont pas en série avec les diodes D21, D22, D31, D32. On remarque toutefois, que dans le cas de l'installation de régulation 320 seule la résistance de mesure R_{sh1} suffit car il n'y a pas de branchement en série avec les diodes D21, D22, D31, D32.
- [0075] En outre, le dispositif de commande 210 comporte deux installations de mesure de courant 252 et 253 qui sont respectivement conçues pour mesurer l'intensité du courant dans l'enroulement d'excitation 106 par les résistances de mesure R_{sh1} et R_{sh2} respectives ; les installations de mesure de surintensité 254, 255 peuvent alors faire basculer dans l'état sécurisé au moins en cas de dépassement d'un seuil prédéfini. Même si cela est présenté à la [Fig.3] seulement pour l'installation de régulation 220, cela s'applique également à l'installation de régulation 320. Comme déjà indiqué, dans le cas de l'installation de régulation 320, il suffit d'une résistance de mesure, et ainsi d'une seule installation de mesure de courant 252. Si on réalise un circuit avec seulement une résistance de mesure ou installation de mesure de courant, il est re-

commandé d'utiliser l'installation de régulation 320.

- [0076] Le dispositif de commande 210 comporte plusieurs installations de mesure de surtension 260, 261, 262 conçues pour mesurer une tension et faire basculer dans l'état sécurisé au moins en cas de dépassement d'un seuil prédéfini par la tension mesurée.
- [0077] L'installation de mesure de surtension 260 est conçue pour mesurer la tension entre la borne d'alimentation positive B+ et la borne d'alimentation négative B- du dispositif de commande. L'installation de mesure de surtension 261 est conçue pour mesurer la tension dans le circuit de commande 240 et l'installation de mesure de surtension 262 est conçue pour mesurer la tension dans le circuit de commande 242. Il s'agit de la tension dans les circuits de commande 240, 242 notamment également de la tension entre la borne d'alimentation positive B+ et la borne d'alimentation négative B-.
- [0078] Entre la borne d'alimentation positive B+ et la borne d'alimentation négative B- du dispositif de commande, on a en plus, à titre d'exemple, trois diodes branchées en série D1, D2 et D3, par exemple des diodes TVS (on peut également en prévoir plus de trois). Ces diodes peuvent, le cas échéant, absorber l'énergie excédentaire qu'il faut éliminer ; elles servent notamment de circuit de limitation de tension ou d'installation évitant une surtension. L'aptitude au fonctionnement de ces diodes peut être saisie ou surveillée, par exemple, par une installation de surveillance 270.
- [0079] La [Fig.3] montre en outre différents signaux de défaut qui comprennent également d'autres signaux de défaut, supplémentaires, en plus de ceux déjà connus selon les figures 1 et 2.
- [0080] Signal de sécurité SF1 : il s'agit de la sortie du premier circuit d'interrogation de sécurité 501 (voir [Fig.5]). Si tous les signaux d'entrée du circuit d'interrogation de sécurité sont à l'état 1 (valeur logique) cela signifie qu'il n'y a pas de défaut dans le dispositif de commande et l'unité MCU vérifie les autres conditions et la logique programmée et donne l'autorisation de fonctionnement au dispositif de commande.
- [0081] Signal de sécurité SF2 : Il s'agit de la sortie du second circuit d'interrogation de sécurité 502 (voir [Fig.5]). Si tous les signaux d'entrée du circuit d'interrogation de sécurité sont à l'état 1 (valeur logique) cela signifie qu'il n'y a pas de défaut dans le dispositif de commande et l'unité MCU vérifie les autres conditions et la logique programmée et attribue l'autorisation de fonctionnement au dispositif de commande.
- [0082] Signal de défaut F1 : si le circuit de commande 242 reconnaît un défaut tel qu'une surtension (FOV, qui peut être détectée par l'installation de mesure de surtension 262) une surintensité, un défaut interne ou autre (circuit OU) on a l'état logique « 0 » dans le cas contraire, on a l'état logique « 1 ».
- [0083] Signal de défaut F2 : si un défaut tel qu'une surtension (FOV) (détecté par l'installation de mesure de surtension 261), une surintensité, un défaut interne ou autre est détecté (circuit OU) on a l'état logique 0, dans le cas contraire, on a l'état logique

« 1 ».

- [0084] Signal de défaut FOC1 (surintensité dans l'enroulement d'excitation) : l'intensité du courant dans la résistance Rsh1 est envoyée (par l'installation de mesure d'intensité 252) à un comparateur (installation de mesure de surintensité 254) et cette intensité est comparée au réglage souhaité. Si l'intensité dépasse le seuil réglé, la sortie de protection est à l'état « 0 » ; dans le cas contraire, elle est à l'état « 1 ».
- [0085] Signal de défaut FOC2 (surintensité dans l'enroulement d'excitation) : l'intensité dans la résistance R_{sh2} (venant de l'installation de mesure d'intensité 253) est envoyée à un comparateur (installation de mesure de surintensité 255) pour être comparée au réglage souhaité.
- [0086] Si l'intensité dépasse le seuil réglé, la sortie de protection passe à l'état « 0 » ; dans le cas contraire, elle est à l'état 1.
- [0087] Signal de défaut F4 (signal d'autorisation générale) : signal de l'unité MCU ; si, par exemple, toutes les logiques de commande programmée dans l'unité MCU sont remplies, on a le signal d'état « 1 » ; dans le cas contraire, on a le signal d'état « 0 ».
- [0088] Signal de défaut F5 : l'unité MCU attribue à l'interrupteur côté haut Q1 supplémentaire l'autorisation de se fermer de façon que le circuit d'excitation soit prêt à fonctionner.
- [0089] Signal IF1 : valeur (intensité) du courant d'excitation mesurée sur la résistance de mesure R_{sh1} qui est déterminée par l'installation de mesure d'intensité (ou installation de mesure de courant) 252.
- [0090] Signal IF2 : valeur du courant d'excitation mesurée sur la résistance de mesure R_{sh2} qui est déterminée par l'installation de mesure d'intensité 253.
- [0091] On peut échanger entre les dispositifs de commande 240, 242 et l'unité MCU 250, par exemple les signaux SPI et signaux de porte GS. Le signal de surveillance et le réglage sont transmis par SPI et sont ainsi reçus. Les signaux PWM (MLI) pour la commande des commutateurs sont envoyés aux circuits de commande.
- [0092] Signal d'état de sécurité SF3 de l'unité MCU : il peut y avoir des conditions spéciales dans la logique programmée de l'unité MCU ; si ces conditions sont satisfaites, le signal est à l'état « 1 » dans le cas contraire, le signal est à l'état « 0 ».
- [0093] Signal de défaut FOV1 (surtension) : la sortie de l'installation de mesure de surtension 260 surveille la tension du circuit intermédiaire. Si la tension dépasse un seuil déterminé et chute à un instant déterminé, le signal passe de l'état « 1 » à l'état « 0 ».
- [0094] Signal d'alimentation SF4 : lorsque toutes les tensions d'alimentation pour SPI et les entrées/sorties I/O numériques des circuits de commande et de l'unité MCU sont disponibles, le signal est « à l'état 1 » et, dans le cas contraire, il est « à l'état 0 ».
- [0095] La [Fig.5] montre en outre les deux circuits d'interrogation de sécurité 501, 502 pour

l'agrégation (combinaison ET) de signaux de défaut pour générer les signaux de sécurité SF1 et SF2. Les circuits d'interrogation de sécurité 501, 502 sont conçus indépendamment l'un de l'autre pour prendre l'état sécurisé en ce que lorsque l'enroulement de rotor est raccordé, cet enroulement de rotor est désexcité. Si, par exemple, l'un des signaux de défaut SF1, SF2 à l'entrée n'a pas la valeur souhaitée ou normale (par exemple, l'état logique « 0 » au lieu de l'état logique « 1 ») l'état de sécurité correspondant peut, par exemple, passer de l'état « 1 » à l'état « 0 ». Ces circuits d'interrogation de sécurité 501, 502 peuvent notamment faire partie du dispositif de commande 210 de la [Fig.3].

- [0096] Le fonctionnement préférentiel de la machine électrique sera décrit ci-après en utilisant le dispositif de commande 210.
- [0097] Un « état normal » signifie qu'il n'y a pas de défaut et que le dispositif de commande peut commander normalement la machine électrique. Dans ce mode, on exécute les actions suivantes : tous les commutateurs du redresseur sont, par exemple, déclenchés par un signal PWM de l'unité MCU (ou un autre mode de signal de modulation généré par l'unité MCU). Pour le fonctionnement de la machine électrique, il faut activer la désexcitation et c'est pourquoi les commutateurs Q1, S1 et S2 sont fermés (ils sont passants). Les commutateurs T_{F_H} et T_{F_L} sont commandés par l'unité MCU par le circuit de commande 240. Le courant de désexcitation est régulé.
- [0098] Si l'un des signaux F1, F2, SF3, SF4, FOC1, FOC2, FOV1, FOV2 est à l'état « 0 », l'un ou les deux signaux de sécurité SF1 et SF2 sont également mis à l'état « 0 ». Alors on active l'état sécurisé et le redresseur passe à l'état sécurisé, ce qui signifie que tous les commutateurs côté bas ainsi que le redresseur et aussi l'installation de régulation sont fermés (ils sont conducteurs) et tous les commutateurs côté haut sont ouverts (c'est-à-dire ils sont coupés).
- [0099] Le mécanisme est activé par les signaux de sécurité SF1 (pour le circuit de commande 240) et SF2 (pour le circuit de commande 242) ; on peut, pour cela, prévoir un raccord d'entrée approprié sur le circuit de commande concerné.
- [0100] L'opération de désexcitation commence et se poursuit jusqu'à ce que l'énergie accumulée dans l'enroulement de rotor (bobine d'excitation) est nulle. Les commutateurs Q1, S1 et S2 sont ouverts. Le courant de désexcitation (un courant circulaire) passe par le commutateur TFL et les diodes antiparallèles DF1 et DF2 puis par la bobine de désexcitation et finalement par les diodes TVS. Le courant circulaire est représenté aux figures 4a ou 4b par un trait interrompu.
- [0101] La surtension passagère des diodes TVS D21, D22, D31, D32 débloque ces diodes TVS et un courant de désexcitation traverse ces diodes dans ce mode de fonctionnement. Il est à remarquer qu'un nombre approprié de diodes TVS est choisi en fonction de la tension de désexcitation, de la surtension transitoire en mode de désexc-

citation, la résistance thermique des composants et la puissance perdue dans les diodes TVS. La tension pratiquement constante des diodes TVS fait que la bobine est désexcitée plus rapidement qu'avec une résistance de décharge comme le montre la [Fig.2].

- [0102] Il convient de remarquer que le circuit proposé offre plusieurs possibilités (ou mécanismes) pour garantir l'état sécurisé du dispositif de commande et de la machine électrique en cas de défaut.
- [0103] Les circuits d'interrogation de sécurité (ou agrégateur d'états) : même s'il n'y a pas de redondance exacte entre les deux circuits d'interrogation de sécurité, les signaux de défaut F1 et F2 sont en entrée des deux circuits d'interrogation de sécurité ; si l'un des circuits d'interrogation de sécurité est défaillant, l'autre peut se mettre à l'état sécurisé qui est lancé par les circuits de commande comme cela est décrit en référence à la [Fig.5].
- [0104] Reconnaissance de la surtension par les installations de mesure de surtension : il existe trois installations de mesure de surtension. Ces installations de mesure de surtension ou leur fonction doivent être accordées entre elles pour réagir de manière correspondante, et permettre de protéger le dispositif de commande. Comme indiqué, les installations de surtension sont, par exemple, implémentées une fois dans l'un des deux circuits de commande et une fois de manière externe. Dans le cas d'une difficulté dans ces installations de mesure de surtension, on peut avoir un état sécurisé du dispositif de commande par les deux installations de mesure de surtension qui restent.
- [0105] Diodes, diodes TVS pour la désexcitation : il existe, par exemple, deux jeux de diodes TVS et de leur commutateur de désexcitation en parallèle (par exemple, des composants MOSFET) à savoir le commutateur de désexcitation S1 avec les diodes D21 et D22 ainsi que l'autre commutateur de désexcitation S2 avec les diodes D31 et D32. En cas de défaut dans l'un des jeux, l'autre jeu peut assurer l'opération de désexcitation, même si cela se fait avec une tension plus faible (deux diodes TVS à la place de quatre diodes TVS en série) ce qui se traduit par une désexcitation plus lente par comparaison à celle réalisée avec quatre diodes TVS.
- [0106] Les diodes DF1 et DF2 en parallèles au commutateur côté bas $T_{F,L}$, de l'installation de régulation : pendant l'opération de désexcitation, le commutateur $T_{F,L}$ est fermé. Lorsque, pour une raison quelconque, ce commutateur ne peut s'ouvrir, le courant passe par la ou les diodes en parallèle et le corps de diodes du commutateur $T_{F,L}$. L'utilisation de deux diodes en parallèles qui peuvent supporter l'ensemble du courant évite un diagnostic compliqué du commutateur $T_{F,L}$.
- [0107] Court-circuit actif avec désexcitation pour les signaux de sécurité SF1 et SF2 par les circuits de commande 240 et 242 : le court-circuit actif pour le circuit de commande 242 peut, par exemple, consister en un court-circuit par le commutateur côté bas des

phases U, W et Y ce qui signifie que les commutateurs côté bas $T_{U,L}$, $T_{W,L}$ et $T_{Y,L}$ sont fermés (voir [Fig.1]). Le circuit de commande 242 réalise ce court-circuit actif si une requête de branchement d'entrée du circuit de commande 242 est activée par le signal de sécurité SF2 ou, le cas échéant, directement par une protection importante comme l'installation de mesure de surtension 262. Le court-circuit actif pour le circuit de commande 240 peut, par exemple, consister à réaliser un court-circuit par les commutateurs côté bas des phases V et X, ce qui signifie que les commutateurs côté bas $T_{V,L}$, $T_{X,L}$ et $T_{F,L}$ sont fermés. Le circuit de commande 240 applique ce court-circuit actif si une requête de branchement d'entrée du circuit de commande 240 est activée par le signal de sécurité SF1 ou le cas échéant directement par une mesure de protection importante par l'installation de mesure de surtension 261.

- [0108] Il est à remarquer qu'à cause de la charge thermique des commutateurs côté bas pendant le court-circuit actif, il est possible de commuter un tel court-circuit actif entre les commutateurs côté haut et côté bas (commutation entre les commutateurs côté haut et côté bas). Pour réaliser cette fonction de commutation il faut, par exemple, un circuit oscillant de fréquence réglable pour modifier les signaux de porte des commutateurs côté haut et côté bas. Comme le commutateur Q1 est utilisé pour couper la bobine d'excitation par rapport à la tension d'alimentation positive à l'état sécurisé, la commutation entre $T_{F,H}$ et $T_{F,L}$ ne pose pas de difficulté pour l'opération de désexcitation.
- [0109] Le mécanisme de désexcitation peut, par exemple, consister à séparer la bobine et la borne d'alimentation positive B+ en ouvrant le commutateur Q1 et les deux commutateurs de désexcitation S1 et S2. Le commutateur $T_{F,L}$ est fermé du fait du court-circuit actif concerné ; même si le commutateur TFL reste ouvert, le courant de désexcitation peut passer par les diodes DF1 et DF2 ou les diodes de corps s'il s'agit d'un composant MOSFET $T_{F,L}$.
- [0110] Limitation de tension (externe) ou installation évitant les surtensions :
- [0111] cela correspond notamment à une installation d'appui, évitant les surtensions pour traiter une surtension. Si d'autres mécanismes pour éviter ou détecter la surtension (occasionnée par d'autres défauts) dans le système – par exemple des courts-circuits actifs- sont défectueux, les diodes TVS- D1, D2, D3 peuvent absorber l'énergie résiduelle et limiter la tension. Le nombre de diodes TVS utilisées et leurs propriétés dépendent du niveau de tension du réseau de tension continu et aussi de la coordination entre la tension et le temps comme appui pour d'autres installations de mesure de surtension ou installations de protection.
- [0112] L'aptitude au fonctionnement de ces diodes peut être vérifiée par l'installation de surveillance 270 (ou le circuit de surveillance) par exemple, en utilisant les signaux TVS1, TVS2 et TVS3. En shuntant les diodes TVS prises séparément par une résistance (dans 270) on peut alors considérer, par exemple, la tension entre l'anode et la

cathode des diodes TVS non court-circuitées, notamment pendant la phase de démarrage. L'unité MCU détermine alors, par exemple, l'état ou l'aptitude au fonctionnement des diodes TVS.

- [0113] Mesure du courant d'excitation et détection de surintensité du circuit d'excitation par les résistances de mesure et les installations de mesure de surintensité évoquées :
- [0114] comme le montre la [Fig.3], le courant d'excitation peut se mesurer avec deux résistances shunt ou résistances de mesure (Rsh1 et Rsh2). L'émission de la mesure du courant est faite pour le contrôle de l'unité MCU (les signaux IF1 et IF2). Deux installations de mesure de surintensité (OC) surveillent le courant de champ. Si le courant de champ dépasse, par exemple, un seuil déterminé (par exemple, une valeur de consigne) pendant un temps déterminé, la sortie de ces mécanismes de reconnaissance passe de l'état « 1 » à l'état « 0 » (niveaux au sens logique). Cela se traduit par un état sécurisé par l'activation des signaux de sécurité SF1 et SF2.
- [0115] Si l'une des résistances de mesure est défaillante, l'unité MCU reconnaît la modification brusque du courant d'excitation et considère cela comme une défaillance de capteur. Il convient de remarquer que, s'il y avait alors seulement une résistance de mesure et si cette résistance n'était plus conductrice, l'ensemble du circuit de désexcitation serait un circuit ouvert ; c'est pourquoi il est avantageux d'avoir deux chemins pour mesurer l'intensité. Selon les besoins du système et la température ambiante, on peut, par exemple, utiliser d'autres capteurs d'intensité, par exemple, des capteurs à effet Hall ou autre type approprié aux points de mesure, par exemple, aux deux points de mesure.
- [0116] Pour avoir un circuit de désexcitation plus fiable, on peut raccorder la diode D32 directement à la borne d'alimentation négative ou directement au rail de courant correspondant (comme le montre la [Fig.4b]). En cas de défaillance des résistances de mesure, le circuit de désexcitation n'est pas coupé et le courant de désexcitation passe toujours par les diodes TVS (c'est-à-dire D21, D22, D31 et D32). Il y a un léger inconvénient en ce que la mesure du courant de désexcitation n'est plus possible, mais, en général, cela n'est pas déterminant, notamment si le circuit électrique passe à l'état sécurisé. Ce branchement direct des diodes TVS à la borne B- serait inacceptable si l'on utilisait une seule résistance de mesure.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif de commande (210) pour gérer une machine électrique (102) avec un enroulement de rotor (106) et un enroulement de stator (104), une installation de régulation (220, 320) raccordée à l'enroulement de rotor (106) et commandant l'enroulement de rotor (106), l'installation de régulation (220, 320) comportant plusieurs commutateurs avec un commutateur côté haut (T_{F_H}) et un commutateur de désexcitation (S1),
- le commutateur côté haut (T_{F_H}) raccorde une première borne (F+) de l'enroulement de rotor (106) à une borne d'alimentation positive (B+) du dispositif de commande,
 - un composant semi-conducteur (T_{F_L}) raccorde la première borne (F+) de l'enroulement de rotor à la borne d'alimentation négative (B-) du dispositif de commande,
 - le commutateur de désexcitation (S1) raccorde une seconde borne (F-) de l'enroulement de rotor à la borne d'alimentation négative (B-) du dispositif de commande,
 - le composant semi-conducteur (T_{F_L}) et le commutateur de désexcitation (S1) sont disposés et installés de façon que si en mode normal pour la désexcitation, le composant semi-conducteur (T_{F_L}) est conducteur et le commutateur de désexcitation (S1) est ouvert, il se forme un circuit de désexcitation (K) pour désexciter l'enroulement de rotor (106),
 - le dispositif de commande (210) est conçu pour qu'en cas de défaut, basculer dans un état sécurisé en coupant l'enroulement de rotor (106) de la borne d'alimentation positive (B+) et/ou en cas d'enroulement de rotor (106) raccordé, et désexciter l'enroulement de rotor (106),
- a) au moins l'un des commutateurs (T_{F_H} , T_{F_L} , S1) de l'installation de régulation est conçu de manière redondante,
- et/ou
- b) l'installation de régulation (220, 320) comporte plusieurs points de mesure (R_{sh1} , R_{sh2}), notamment des résistances de mesure respectivement branchées entre la seconde borne (F-) de l'enroulement de rotor et la borne d'alimentation négative (B-) du dispositif de commande et plusieurs installations de mesure de surintensité (254, 255) chacune conçue pour saisir l'intensité dans leur roulement d'excitation en un point de mesure respectif et au moins en cas de dépassement d'un seuil prédéterminé de l'intensité mesurée, basculer dans l'état sécurisé ;

et/ou

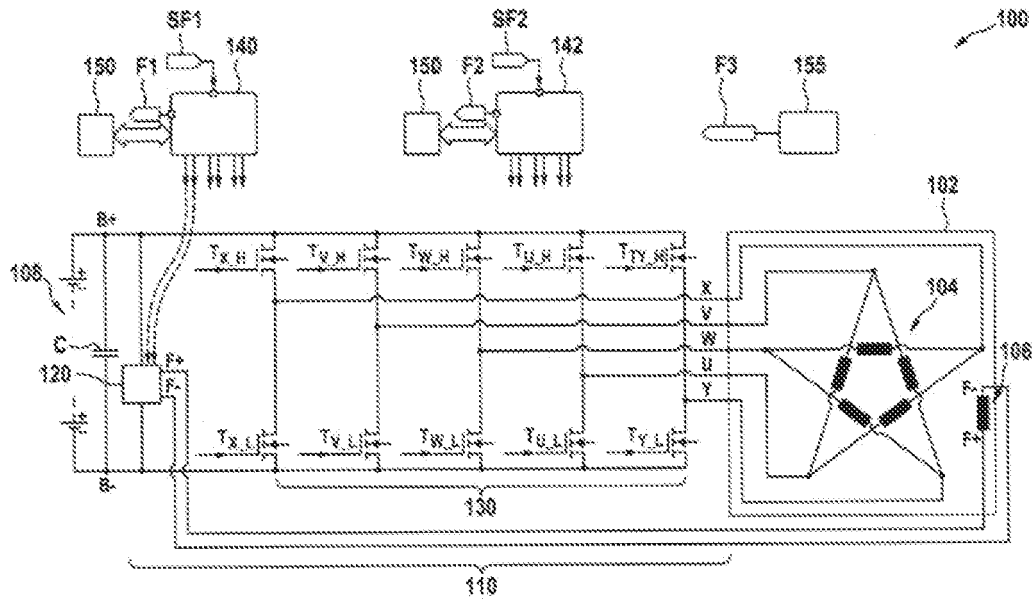
c) plusieurs installations de mesure de subvention (260, 261, 262), conçues respectivement pour mesurer une tension et en cas de dépassement d'un seuil prédéterminé de la tension mesurée, basculer à l'état sécurisé.

- [Revendication 2] Dispositif de commande (210) selon la revendication 1, dans lequel un commutateur côté haut (Q1) supplémentaire est branché en série avec le commutateur côté haut (T_{F_H}) de sorte que le commutateur côté haut (T_{F_H}) est redondant.
- [Revendication 3] Dispositif de commande (210) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel un commutateur de désexcitation (S2) supplémentaire est branché en série avec le commutateur de désexcitation (S1) de sorte que le commutateur de désexcitation (S1) est redondant.
- [Revendication 4] Dispositif de commande (210) selon la revendication 3, dans lequel au moins une diode (D21, D22, D31, D32) notamment une diode TVS ou une diode Zener sont branchées en parallèle avec le commutateur de désexcitation (S1) et/ou le commutateur de désexcitation (S2) supplémentaire, les diodes étant dans le circuit de désexcitation (K).
- [Revendication 5] Dispositif de commande (210) selon l'une des revendications précédentes comportant deux circuits d'interrogation de sécurité (501, 502) qui reçoivent au moins un signal de défaut commun et sont respectivement installés indépendamment l'une de l'autre pour prendre l'état sécurisé notamment pour désexciter l'enroulement de rotor (106) raccordé.
- [Revendication 6] Dispositif de commande (210) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel plusieurs commutateurs comprennent un commutateur côté bas (T_{F_L}) qui est en même temps le composant semi-conducteur (T_{F_L}).
- [Revendication 7] Dispositif de commande (210) selon la revendication 6, dans lequel au moins une diode (DF1, DF2) est branchée en parallèle au commutateur côté bas (T_{F_H}) de sorte que le commutateur côté bas (T_{F_H}) est redondant.
- [Revendication 8] Dispositif de commande (210) selon l'une des revendications pré-

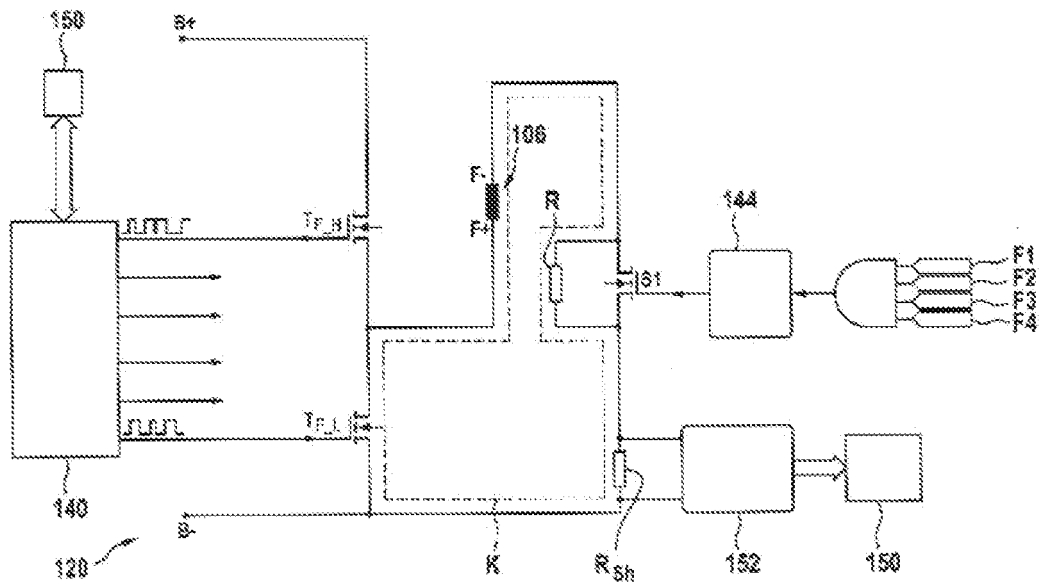
- cédentes,
 dans lequel
 les points de mesure sont dans le circuit de désexcitation (K) ou ne le sont pas.
- [Revendication 9] Dispositif de commande (210) selon l'une des revendications précédentes,
 comportant un circuit de limitation de tension (D1, D2, D3) entre la borne d'alimentation positive (B+) du dispositif de commande et la borne d'alimentation négative (B-) du dispositif de commande.
- [Revendication 10] Dispositif de commande (210) selon l'une des revendications précédentes,
 comportant un redresseur (130) à plusieurs demi-ponts avec chaque fois deux commutateurs ($T_{U,H}$, $T_{U,L}$, $T_{V,H}$, $T_{V,L}$, $T_{W,H}$, $T_{W,L}$, $T_{X,H}$, $T_{X,L}$, $T_{Y,H}$, $T_{Y,L}$), les demi-ponts étant raccordés à l'une des phases électriques de l'enroulement de stator, et
 le redresseur (130) commande l'enroulement de stator (104) et un ou plusieurs circuits de commande (240, 242) pour commander le commutateur du redresseur de courant et au moins le commutateur côté haut ($T_{F,H}$, T) de l'installation de régulation (230).
- [Revendication 11] Dispositif de commande (210) selon la revendication 10,
 dans lequel
 une ou plusieurs installations de mesure de surtension (261, 262) sont respectivement conçues pour mesurer la tension dans l'un des circuits de commande (240, 242).
- [Revendication 12] Dispositif de commande (210) selon l'une des revendications précédentes,
 dans lequel
 l'une des installations de mesure de surtension (260) est conçue pour mesurer la tension entre la borne positive (B+) et la borne négative (B-) d'alimentation du dispositif de commande.
- [Revendication 13] Machine électrique (102) comportant un enroulement de rotor (106) et un enroulement de stator (104) et un dispositif de commande (210) selon l'une des revendications précédentes.
- [Revendication 14] Procédé de gestion d'une machine électrique (102) selon la revendication 13,
 dans lequel
 dans le cas d'au moins un défaut pendant le fonctionnement, on passe dans un état sécurisé en coupant l'enroulement de rotor (106) de la

borne d'alimentation positive (B+) et/ou en désexcitant l'enroulement de rotor (106).

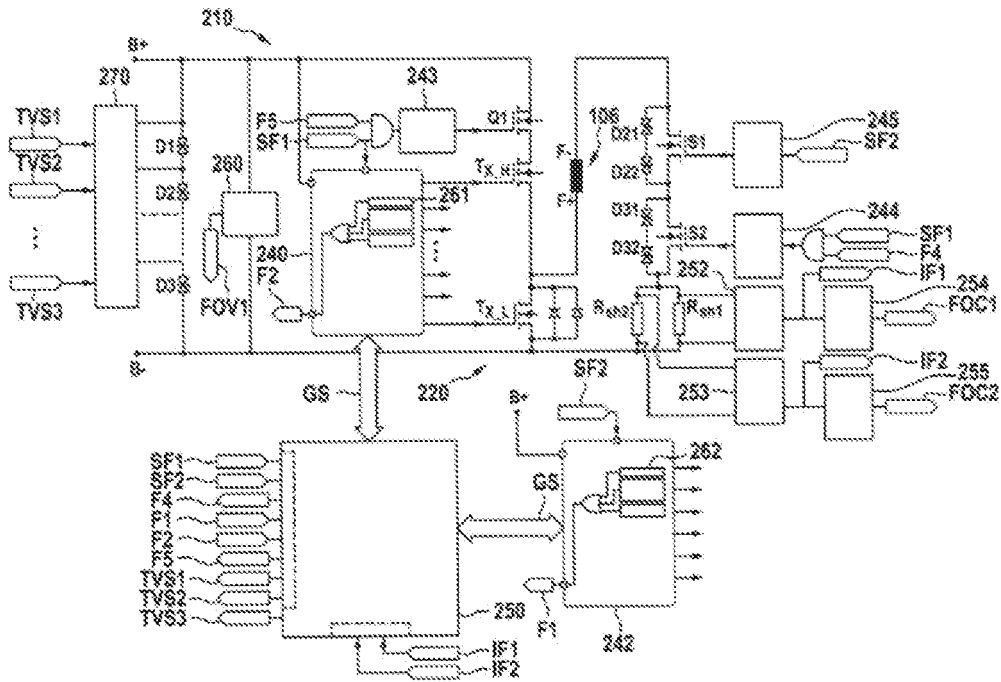
[Fig. 1]



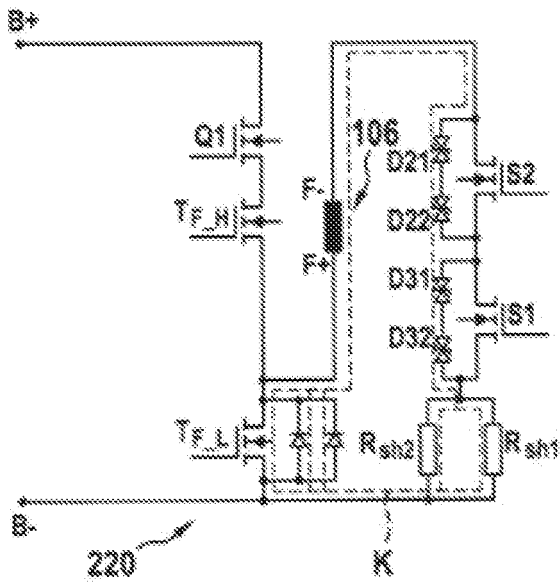
[Fig. 2]



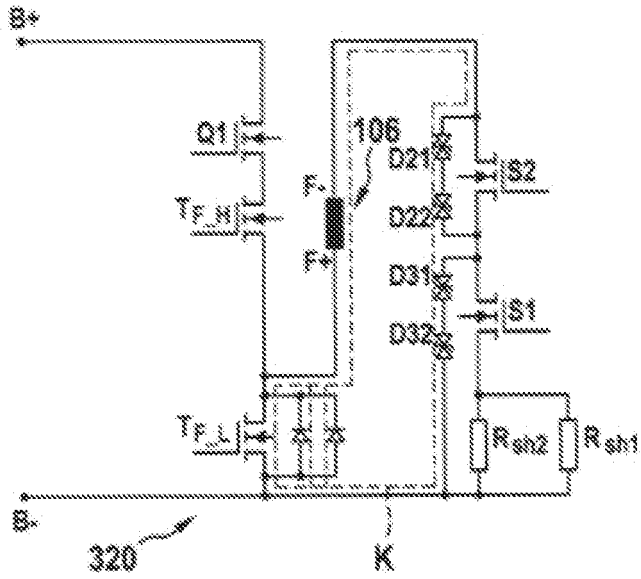
[Fig. 3]



[Fig. 4a]



[Fig. 4b]



[Fig. 5]

