

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 977 399**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **12 56056**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 02 H 7/06 (2013.01), H 02 H 3/20, G 01 R 31/00**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 26.06.12.

③0 Priorité : 29.06.11 US 13171787.

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 04.01.13 Bulletin 13/01.

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 :

⑦1 Demandeur(s) : HAMILTON SUNDSTRAND CORPORATION — US.

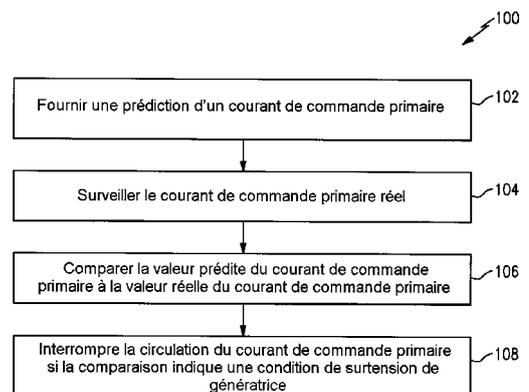
⑦2 Inventeur(s) : WAGNER CARL A., DEFENBAUGH JOHN F., MADDALI VIJAY K. et YOUNG RICHARD L..

⑦3 Titulaire(s) : HAMILTON SUNDSTRAND CORPORATION.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET JOLLY.

⑤4 PREVENTION DES SURTENSIONS DANS UN SYSTEME DE GENERATION D'ENERGIE ELECTRIQUE D'AVION.

⑤7 Un exemple de procédé de détection d'une condition de surtension de génératrice comprend prédire un courant de commande primaire pour fournir un courant de commande prédit, surveiller le courant de commande primaire, et détecter une condition de surtension de génératrice sur la base d'une comparaison entre le courant de commande prédit et le courant de commande primaire. Le procédé interrompt le courant de commande primaire sur la base de la comparaison.



FR 2 977 399 - A1



PREVENTION DES SURTENSIONS DANS UN SYSTEME DE GENERATION D'ENERGIE ELECTRIQUE D'AVION

Contexte

5 La présente description concerne un système de génération d'énergie. En particulier, la description concerne une configuration de surveillance et de prévention de surtension qui est séparée d'une unité de commande de génératrice du système de génération d'énergie.

10 Un type de système de génération d'énergie électrique d'avion comprend une génératrice à fréquence variable. La génératrice à fréquence variable comprend une génératrice à aimants permanents (PMG de l'anglais « Permanent Magnet Generator »), une excitatrice (« exciter » en anglais) et une génératrice principale montées pour une rotation sur un arbre commun. L'arbre est entraîné par un moteur
15 d'entraînement.

Une unité de commande de génératrice (GCU, de l'anglais « Generator Control Unit ») convertit un courant alternatif de la PMG pour fournir un courant continu à l'excitatrice. Le courant provenant de l'excitatrice est appliqué à la génératrice principale, qui produit une
20 sortie de tension.

Dans certaines conditions, une condition de surtension peut apparaître qui produit une tension de sortie supérieure à celle souhaitée à partir de la génératrice principale. La sortie principale du stator principal de la génératrice peut être appelée courant primaire. Il
25 existe de nombreuses stratégies pour limiter ou éviter des conditions de surtension, mais une protection contre les surtensions souhaitée n'existe toujours pas. Une stratégie de gestion des surtensions type s'appuie sur l'unité de commande de génératrice pour surveiller la puissance délivrée par la génératrice principale, et simplement
30 déclencher un commutateur vers une condition ouverte une fois qu'un seuil de surtension a été atteint. Dans un exemple, des défauts de fabrication ou des effets environnementaux désactivent la GCU et

entraînent simultanément des valeurs de sortie de génératrice anormalement élevées. La GCU désactivée est incapable de détecter ces valeurs de sortie élevées ou de réagir à celles-ci.

5 Résumé

Un exemple de procédé de détection d'une condition de surtension de génératrice comprend la prédiction d'un courant de commande primaire pour fournir un courant de commande prédit, la surveillance du courant de commande primaire, et la détection d'une
10 condition de surtension de génératrice sur la base d'une comparaison du courant de commande prédit et du courant de commande primaire. Le procédé interrompt le courant de commande primaire sur la base de la comparaison.

De façon avantageuse, la prédiction utilise une vitesse d'une
15 génératrice, un courant d'une excitatrice, ou une certaine combinaison de ceux-ci.

La prédiction peut utiliser une amplitude d'un courant de charge, une amplitude d'un courant de génératrice, ou les deux.

La prédiction utilise de préférence une tension à un point de
20 régulation.

De préférence, la surveillance comprend une surveillance en temps réel de la commande de courant d'excitatrice primaire.

La surveillance peut comprendre la surveillance d'un niveau, d'une vitesse de variation, d'une direction de variation, d'une forme
25 d'onde de modulation, ou d'une certaine combinaison de ceux-ci.

Un autre exemple de procédé de détection d'une condition de surtension de génératrice dans une génératrice accouplée à un moteur d'entraînement comprend de préférence l'utilisation d'un calcul de
30 fonction de prévention de surtension pour fournir un courant de commande prédit. Le courant de commande prédit peut représenter une prédiction du courant appliqué à une génératrice pour générer une puissance souhaitée. Le procédé peut utiliser une fonction de commande de tension pour fournir un courant de commande primaire et détecter une condition de surtension de génératrice en identifiant une
35 divergence entre le courant de commande prédit et le courant de commande primaire, la divergence étant de préférence une divergence

prolongée. Le procédé interrompt le courant de commande primaire sur la base de l'identification.

De préférence, le calcul de fonction de prévention de surtension est indépendant de la fonction de commande de tension et d'une
5 fonction de protection contre les surtensions.

La génératrice peut être une génératrice à fréquence variable ou régulée.

Une procédure de démarrage de la génératrice peut consister à vérifier la capacité de fournir le courant de commande prédit et de
10 fournir le courant de commande primaire.

Un exemple d'agencement de contrôle de surtension de génératrice comprend une génératrice à aimants permanents, une excitatrice et une génératrice principale montées pour une rotation sur un arbre. La génératrice principale est configurée pour produire une
15 sortie de tension. Une unité de commande de génératrice comprend un circuit configuré pour fournir un courant de commande primaire de la génératrice à aimants permanents à l'excitatrice. Une unité de contrôleur de prévention de surtension est programmée pour déterminer une surtension de la tension de sortie en utilisant une
20 comparaison entre un courant de commande prédit et le courant de commande primaire.

L'agencement de contrôle de surtension de génératrice peut comprendre de manière avantageuse un commutateur prévu dans l'unité de contrôleur de prévention de surtension configuré pour
25 commuter entre des conditions ouverte et fermée, le commutateur étant configuré pour faire circuler le courant de commande primaire dans le circuit dans la condition fermée et interrompre la circulation de courant dans la condition ouverte, dans lequel l'unité de contrôleur de prévention de surtension est configurée pour moduler le commutateur
30 entre les conditions ouverte et fermée en fonction d'une surtension détectée.

Le commutateur est de préférence séparé de l'unité de commande de génératrice.

Le commutateur dans la condition ouverte provoque, de préférence, une connexion d'une impédance flyback dans un trajet du
35 courant de commande primaire pour réduire la tension de sortie.

L'unité de contrôleur de prévention de surtension peut être configurée pour surveiller une vitesse de la génératrice, un courant d'une excitatrice, ou une certaine combinaison de ceux-ci pour déterminer le courant de commande prédit.

5 L'unité de commande de génératrice est de préférence séparée de l'unité de contrôleur de prévention de surtension.

Brève description des dessins

10 Les diverses caractéristiques et les divers avantages des exemples présentés deviendront évidents aux hommes du métier à partir de la description détaillée. Les figures qui accompagnent la description détaillée peuvent être décrites brièvement comme suit :

La figure 1 est une vue en coupe schématique générale d'une génératrice pour un moteur à turbine à gaz.

15 La figure 2 est une vue schématique plus détaillée d'un agencement de prévention de surtension pour la génératrice de la figure 1.

La figure 3 montre le flux d'un exemple de procédé pour éviter une surtension de la génératrice de la figure 1.

20

Description détaillée

La figure 1 illustre schématiquement des parties sélectionnées d'un exemple de génératrice 10 entraînée par un moteur d'entraînement 12, tel qu'un moteur à turbine à gaz. La génératrice 10 génère un courant électrique lorsqu'elle est entraînée par le moteur d'entraînement 12. La génératrice 10 peut généralement comprendre une partie dynamo-électrique 14, une pompe hydraulique 16 et un train d'engrenages 18, tous contenus dans un ensemble de logement 20 commun.

30 La partie dynamo-électrique 14 dans l'exemple d'un mode de réalisation présenté est une machine triphasée qui comprend trois machines 22, 24 et 26 montées sur un arbre de rotor 28 le long d'un axe de rotation A. Les ensembles de stator 22B, 24B, 26B des trois machines sont installés dans l'ensemble de logement 20, et les trois ensembles de rotor 22A, 24A, 26A sont installés sur l'arbre de rotor 28. L'ensemble de logement 20 peut être fermé par une partie d'ensemble

35

de capot ou de logement d'extrémité d'entraînement 20A, à travers laquelle l'arbre de rotor 28 s'étend, et par une plaque d'extrémité 20B.

La première machine 22 comprend une génératrice à aimants permanents (PMG) avec un ensemble de rotor 22A et un ensemble de stator 22B. L'ensemble de stator 22B délivre une puissance pour l'excitation de la génératrice, ainsi qu'une puissance pour d'autres composants du système électrique. La deuxième machine 24 comprend une excitatrice avec un ensemble de rotor 24A et un ensemble de stator 24B. L'excitatrice reçoit une excitation d'inducteur de la PMG par l'intermédiaire d'une GCU 32 (unité de commande de génératrice). L'excitation d'inducteur circule le long d'un trajet 34 de la GCU 32 vers l'excitatrice. L'excitation d'inducteur circulant le long du trajet 34 est considérée être le courant de commande primaire dans cet exemple. La GCU 32 met en œuvre une fonction de commande de tension pour fournir le courant de commande primaire.

La sortie de l'ensemble de rotor 24A est appliquée à un ensemble de diodes monté sur l'arbre 36. L'ensemble de diodes 36 peut être divisé en six groupes de diodes pour réaliser un redressement double alternance triphasé. La sortie continue de l'ensemble de diodes 36 alimente la troisième machine 26, ou génératrice principale, qui fournit une tension de sortie souhaitée à partir d'un POR 38 (point de régulation ou « Point of Regulation » en anglais). La GCU 32 reçoit une tension de point de régulation (POR) du POR 38 et, en réponse, fournit le courant de commande primaire le long du trajet 34 pour obtenir la tension de sortie souhaitée de la génératrice 10.

Dans cet exemple, une OPU (unité de prévention de surtension ou « overvoltage prevention unit » en anglais, également appelée unité de contrôleur de prévention de surtension) 40 est configurée pour surveiller le courant de commande primaire circulant le long du trajet 34. L'exemple d'OPU 40 est séparé de la GCU 32 et est à l'extérieur de l'ensemble de logement 20. Dans certains exemples, la GCU 32 comprend son propre système interne de protection contre les surtensions pour mettre en œuvre une fonction de protection contre les surtensions indépendamment d'une fonction de prévention de surtension mise en œuvre par l'OPU 40.

L'OPU 40 comprend un module de traitement 41 qui compare une mesure du courant de commande primaire circulant le long du trajet 34

à une prédiction du courant de commande primaire. L'OPU 40 base la
prédiction du courant de commande primaire sur les mêmes conditions
et entrées que la GCU 32 utilise pour générer le courant de commande
primaire. L'OPU 40 peut communiquer avec un capteur 42 pour
5 déterminer au moins certaines des informations utilisées pour générer
la prédiction du courant de commande primaire.

L'OPU 40 est configurée pour détecter une condition de
surtension de génératrice sur la base d'une comparaison du courant de
commande primaire circulant le long du trajet 34 et du courant de
10 commande prédit calculé par l'OPU 40. Par exemple, l'OPU 40 peut être
programmée pour interpréter une divergence prolongée entre le courant
de commande primaire et le courant de commande prédit en tant que
condition de surtension de génératrice potentielle. Une divergence
prolongée est une divergence qui dure pendant plus d'une milliseconde,
15 par exemple. Dans certains exemples, l'OPU 40 interrompt le courant de
commande primaire si une surtension est détectée.

L'exemple d'OPU 40 est indépendant de la GCU 32 et de la
génératrice 10. Par conséquent, l'OPU 40 n'est pas affectée par des
défaillances de la GCU 32. Des exemples de ces défaillances
20 comprennent des défauts de fabrication, des défauts de câblage
électrique, des défaillances de pièce, et des conditions
environnementales qui peuvent provoquer une condition de surtension
et désactiver simultanément n'importe quelle fonction de protection
contre les surtensions incorporée dans la GCU 32.

Des parties de l'OPU 40 et de la GCU 32 sont illustrées plus en
détail sur la figure 2. Comme montré, l'OPU 40 comprend une partie
d'observation d'état de commande d'excitatrice 42 comportant le module
de traitement 41, un module de compilation de dispositif de commande
d'excitatrice 43 et un module de différence de commande d'excitation
30 45. Le module de traitement 41 peut recevoir des informations d'état et
des informations de surveillance de santé de la génératrice 10. La partie
d'observation d'état de commande d'excitatrice 42 peut comprendre des
circuits de type analogique/comparateur, des réseaux de portes
programmables sur site, des processeurs de signaux numériques, ou
35 une certaine combinaison de ceux-ci.

Dans cet exemple, le module de différence de commande
d'excitation 45 de l'OPU 40 surveille l'état en temps réel de la

commande du courant d'excitatrice primaire circulant le long du trajet 34 en utilisant un capteur 46. La surveillance peut consister à mesurer des conditions, telles qu'un niveau de la commande de courant, une vitesse de variation de la commande de courant, une direction de variation de la commande de courant, une modulation de la commande de courant ou une certaine combinaison de ceux-ci.

Les conditions détectées par le capteur 46 sont ensuite comparées à une prédiction de ce que ces conditions devraient être. La comparaison a lieu dans le module de différence de commande d'excitation 45. Dans un exemple, une fonction de transfert, ou un autre type de calcul de fonction de prévention de surtension, est utilisé pour déterminer les conditions prédites.

Les conditions prédites sont basées sur les mêmes entrées que celles utilisées par la GCU 32. Des exemples d'entrées comprennent une vitesse de la génératrice 10, un courant ou un champ de commande de la machine 24, une amplitude des courants de génératrice alternative et de charge, et une tension alternative au point de régulation. Une personne du métier tirant avantage de cette description comprendra comment fournir ces entrées à l'OPU 40.

Dans cet exemple, un commutateur 50 est positionné dans le trajet 34. Le commutateur 50 peut être commuté ou modulé entre des conditions ouverte et fermée. L'exemple de commutateur 50 est montré dans la condition ouverte. Le courant de commande primaire circule le long du trajet 34 dans la condition fermée, et la circulation du courant de commande primaire est interrompue dans la condition ouverte. Le module de traitement 41 est connecté électriquement au commutateur 50 et reçoit des signaux du module de différence de commande d'excitation 45. Le module de traitement 41 est configuré pour moduler le commutateur 50 entre les conditions ouverte et fermée en fonction de la surtension détectée.

Dans cet exemple, lorsque le commutateur 50 est ouvert (lorsqu'il est modulé, etc.), la tension inverse observée aux bornes de l'impédance flyback est élevée (par exemple, plus de 1,2 fois une valeur type), et un courant flyback est détecté. Un transformateur de détection de tension flyback peut détecter la tension et le courant flyback. D'autres exemples peuvent comprendre une détection différentielle par contact direct de la tension et du courant flyback.

Les exemples de la GCU 32 et de l'OPU 40 comprennent des parties de mise à l'échelle et de filtrage 52a à 52c. La partie de mise à l'échelle et de filtrage d'entrée 52a de l'OPU 40 met à l'échelle et filtre le courant, qui est ensuite fourni au module de traitement 41. Les parties
5 de mise à l'échelle et de filtrage d'entrée 52b et 52c de la GCU 32 fournissent un courant mis à l'échelle et filtré aux modules de traitement 54a et 54b, respectivement. Un microprocesseur 56 de la GCU 32 reçoit des données des modules 54a et 54b. La GCU 32 comprend également des dispositifs de commande 58, des dispositifs de
10 surveillance 60, des relais 62, etc. utilisés pour ajuster et affiner le courant de commande primaire 34. De nouveau, l'OPU 40 utilise des informations provenant de la GCU 32, et particulièrement du microprocesseur 56, lors de la détermination du courant de commande prédit.

15 Dans cet exemple, un commutateur ou relais 65 retire une tension de génératrice en excès de la génératrice 10 en ouvrant un contacteur de ligne de génératrice 66. Cet agencement de retrait de la tension de génératrice en excès fournit une fonction redondante au commutateur 50.

20 En faisant référence à la figure 3 tout en continuant de faire référence aux figures 1 et 2, un procédé d'identification de surtension de la génératrice 10 est généralement indiqué par 100. A une étape 102, le procédé 100 fournit un courant de commande prédit. Dans cet exemple, le courant de commande prédit représente une prédiction d'un
25 courant de commande primaire qui devrait être délivré le long du trajet 34 à la génératrice 10 pour amener la génératrice 10 à produire une sortie souhaitée.

Le procédé 100 surveille également le courant de commande primaire qui est réellement appliqué à la génératrice 10 à une étape
30 104, et ensuite, à une étape 106, détecte une condition de surtension de génératrice sur la base d'une comparaison entre le courant de commande primaire prédit de l'étape 104 et le courant réel détecté à l'étape 106. La circulation du courant de commande primaire le long du trajet 34 est interrompue à une étape 108 si la comparaison à l'étape
35 106 indique une condition de surtension de génératrice.

Dans cet exemple, le procédé 100 est exécuté en tant que partie de procédure de démarrage de la génératrice 10. Ainsi, une condition de

surtension de génératrice de la génératrice 10 est vérifiée à chaque fois que la génératrice 10 est démarrée. Cette approche garantit qu'une condition de surtension de génératrice est identifiée avant que la génératrice 10 commence à communiquer une puissance à un bus de charge et à un autre équipement sur l'avion.

5 Dans un exemple, le procédé 100 peut comprendre une capacité d'auto-test. Par exemple, pendant une procédure de démarrage de la génératrice, la GCU 32 peut être configurée pour présenter délibérément des conditions représentant des modes de défaillance connus, par exemple en commandant les dispositifs de commande dans la GCU 32 pour qu'ils semblent en court-circuit, et en surveillant ensuite une réponse correcte de l'OPU 40. Un exemple d'une réponse correcte devrait être que l'OPU 40 désactive le courant réel circulant vers la génératrice 10 le long du trajet 34. Une tension de sortie de la génératrice 10 devrait également présenter une décroissance rapide.

15 Dans un autre exemple, une puissance d'excitation est bloquée et le courant réel est coupé par des conditions d'effets de mode commun qui pourraient influencer de multiples éléments de commande normaux et créer des conditions de surexcitation.

20 En ce qui concerne l'étape 108, des courbes de retard inverse peuvent être utilisées pour définir les niveaux et les temps théoriques qui sont supposés pour définir le retard maximum de la GCU et de l'OPU.

25 La description qui précède est illustrative et non limitative par nature. Des changements et des modifications des exemples présentés qui ne s'écartent pas nécessairement de l'étendue de l'invention peuvent devenir évidents aux hommes du métier. Ainsi, l'étendue de protection légale donnée à la présente invention ne peut être déterminée qu'en étudiant les revendications qui suivent.

30

REVENDICATIONS

1. Procédé de détection d'une condition de surtension de génératrice comprenant :

5 prédire un courant de commande primaire pour fournir un courant de commande prédit ;

 surveiller le courant de commande primaire ;

 détecter une condition de surtension de génératrice sur la base d'une comparaison entre le courant de commande prédit et le courant
10 de commande primaire ; et

 interrompre le courant de commande primaire sur la base de la comparaison.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la prédiction utilise une vitesse d'une génératrice (10), un courant d'une excitatrice
15 (24), ou une certaine combinaison de ceux-ci.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la prédiction utilise une amplitude d'un courant de charge, une amplitude d'un courant de génératrice, ou les deux.

4. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, dans lequel la
20 prédiction utilise une tension à un point de régulation.

5. Procédé selon la revendication 1, 2, 3 ou 4, dans lequel la surveillance comprend une surveillance en temps réel de la commande de courant d'excitatrice primaire.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel la surveillance
25 comprend la surveillance d'un niveau, d'une vitesse de variation, d'une direction de variation, d'une forme d'onde de modulation, ou d'une certaine combinaison de ceux-ci.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la détection comprend l'identification d'une divergence entre
30 le courant de commande primaire et le courant de commande prédit.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel la divergence est une divergence prolongée.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes pour détecter une condition de surtension de génératrice dans une
35 génératrice (10) accouplée à un moteur d'entraînement (12) comprenant :

utiliser un calcul de fonction de prévention de surtension pour fournir le courant de commande prédit, le courant de commande prédit représentant une prédiction du courant appliquée à la génératrice (10) pour générer une puissance souhaitée ; et

5 utiliser une fonction de commande de tension pour fournir le courant de commande primaire.

10 10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel le calcul de fonction de prévention de surtension est indépendant de la fonction de commande de tension et d'une fonction de protection contre les surtensions.

11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, dans lequel la génératrice (10) est une génératrice à fréquence variable ou régulée (10).

15 12. Procédé selon la revendication 9, 10 ou 11, dans lequel une procédure de démarrage de la génératrice (10) comprend vérifier la capacité à fournir le courant de commande prédit et à fournir le courant de commande primaire.

13. Agencement de contrôle de surtension de génératrice comprenant :

20 une génératrice à aimants permanents (22), une excitatrice (24) et une génératrice principale (26) montées pour une rotation sur un arbre (28), la génératrice principale étant configurée pour produire une sortie de tension ;

25 une unité de commande de génératrice (32) comprenant un circuit configuré pour fournir un courant de commande primaire de la génératrice à aimants permanents (22) à l'excitatrice (24) ; et

une unité de contrôleur de prévention de surtension (40) programmée pour déterminer une surtension de la tension de sortie en utilisant une comparaison entre un courant de commande prédit et le courant de commande primaire.

30 14. Agencement de contrôle de surtension de génératrice selon la revendication 13, comprenant un commutateur (50) prévu dans l'unité de contrôleur de prévention de surtension (40) configuré pour commuter entre des conditions ouverte et fermée, le commutateur étant configuré pour faire circuler le courant de commande primaire dans le
35 circuit dans la condition fermée et pour interrompre la circulation du courant dans la condition ouverte, dans lequel l'unité de contrôleur de prévention de surtension est configurée pour moduler le commutateur

(50) entre les conditions ouverte et fermée en fonction d'une surtension détectée.

5 15. Agencement de contrôle de surtension de génératrice selon la revendication 14, dans lequel le commutateur (50) est séparé de l'unité de commande de génératrice (32).

10 16. Agencement de contrôle de surtension de génératrice selon la revendication 14 ou 15, dans lequel le commutateur (50) dans la condition ouverte provoque la connexion d'une impédance flyback dans un trajet du courant de commande primaire pour réduire la tension de sortie.

15 17. Agencement de contrôle de surtension de génératrice selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, dans lequel l'unité de contrôleur de prévention de surtension (40) est configurée pour surveiller une vitesse de la génératrice (10), un courant d'une excitatrice (24), ou une certaine combinaison de ceux-ci pour déterminer le courant de commande prédit.

20 18. Agencement de contrôle de surtension de génératrice selon l'une quelconque des revendications 13 à 17, dans lequel l'unité de commande de génératrice (32) est séparée de l'unité de contrôleur de prévention de surtension (40).

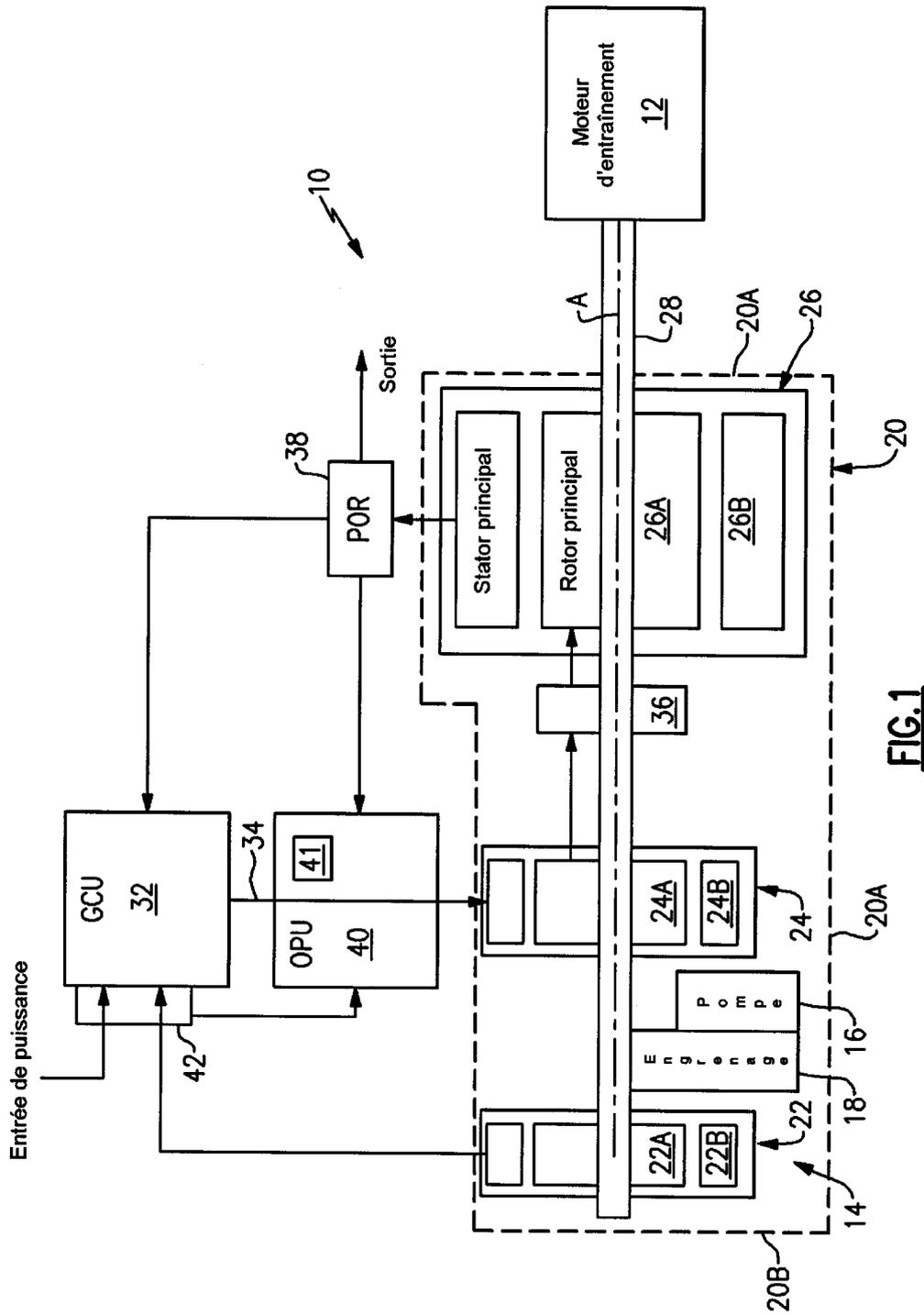


FIG. 1

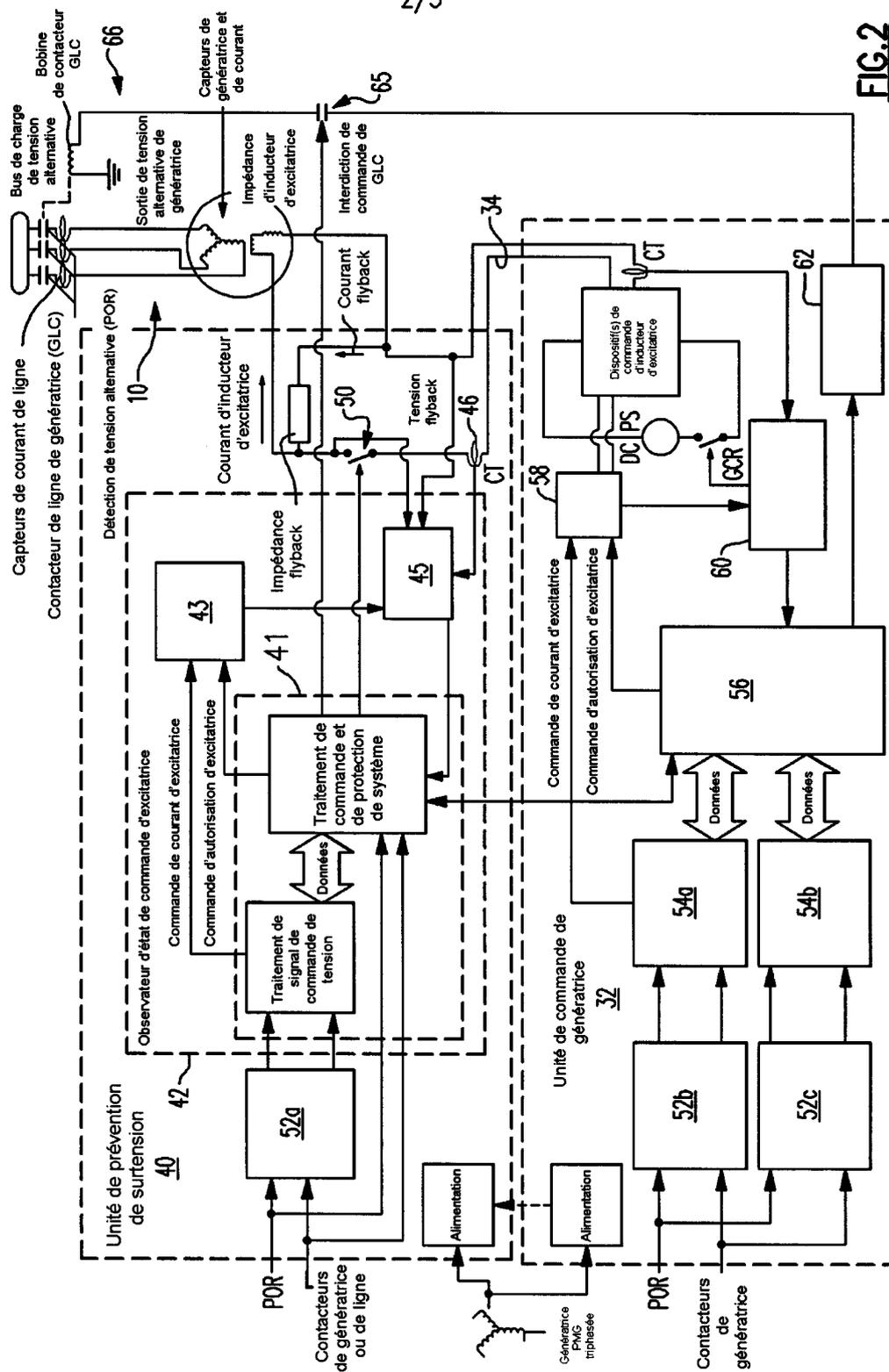
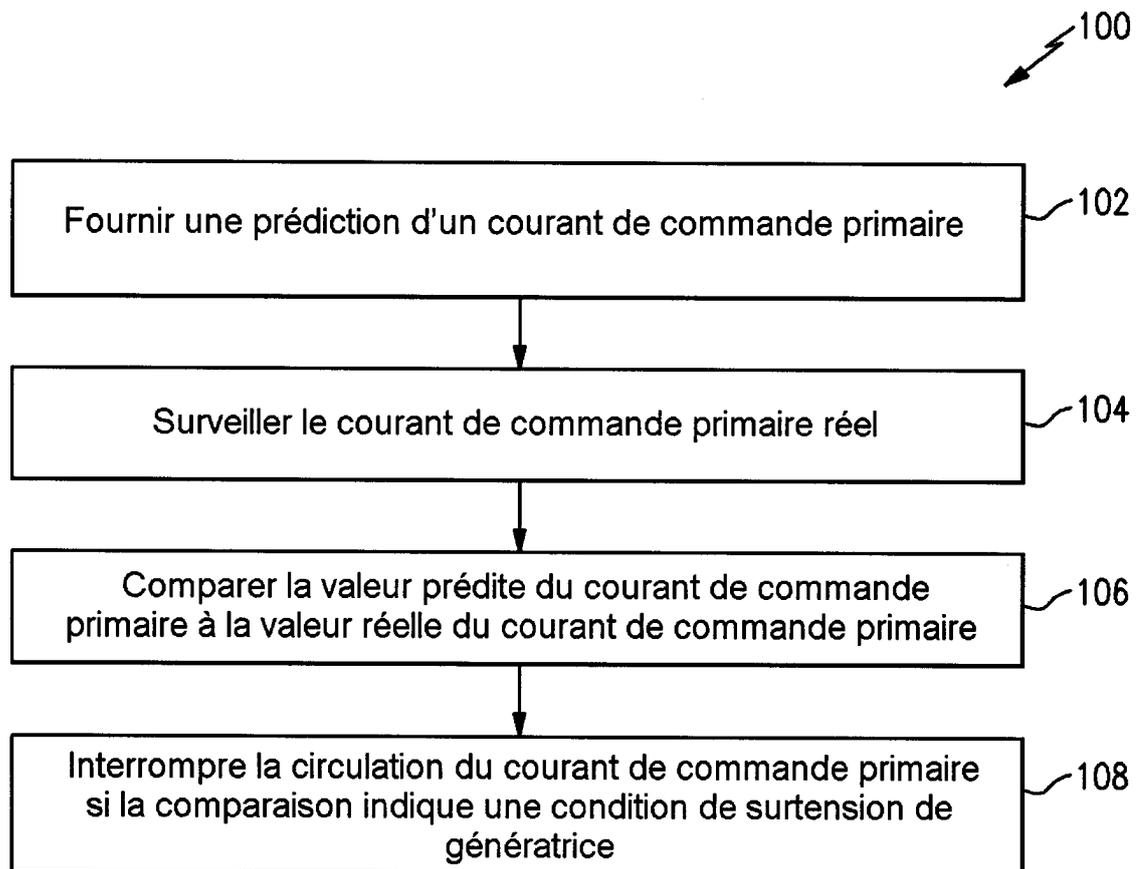


FIG. 2

3/3

**FIG.3**