

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

(11) Nº de publication : **3 071 681**  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)  
(21) Nº d'enregistrement national : **17 71025**  
(51) Int Cl<sup>8</sup> : **H 02 P 27/06** (2017.01), H 02 M 1/12, H 02 M 5/40

(12)

## BREVET D'INVENTION

**B1**

(54) PROCÈDE DE COMMANDE POUR VÉRIFIER LA COMPATIBILITÉ ENTRE UN VARIATEUR DE VITESSE ET LE FILTRE D'ENTREE.

(22) Date de dépôt : 28.09.17.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.03.19 Bulletin 19/13.

(45) Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 13.09.19 Bulletin 19/37.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

(71) Demandeur(s) : SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS Société par actions simplifiée — FR.

(72) Inventeur(s) : MALRAIT FRANCOIS et MESSAOUDI MEHDI.

(73) Titulaire(s) : SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS Société par actions simplifiée.

(74) Mandataire(s) : SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS.



### **Domaine technique de l'invention**

La présente invention se rapporte à un procédé de commande, mis en œuvre pour vérifier la compatibilité entre un filtre d'entrée et un variateur de vitesse.

L'invention concerne également un système de commande configuré pour 5 mettre en œuvre ledit procédé.

### **Etat de la technique**

De manière connue, la commande d'un moteur électrique peut être réalisée à 10 l'aide d'un variateur de vitesse. Le variateur de vitesse est connecté au réseau électrique et est commandé par une unité de commande pour fournir une tension variable au moteur électrique. Pour assurer un filtrage des harmoniques en provenance du réseau électrique, un filtre d'entrée est intercalé entre le variateur de vitesse et le réseau. Ce filtre peut se présenter sous différentes formes et fonctionner selon différents principes. 15 Il pourra s'agir par exemple d'un filtre anti-harmoniques ou d'un filtre compensateur d'harmoniques.

Il a été observé que la présence d'un tel filtre d'entrée peut entraîner des instabilités au niveau du bus continu du variateur de vitesse qui lui est connecté. Ces instabilités conduisent à un vieillissement prématûre des condensateurs du bus continu 20 du variateur de vitesse et de ce fait à des défaillances du variateur de vitesse.

Le but de l'invention est donc de proposer une solution simple et fiable qui permette de s'assurer que le filtre d'entrée est bien compatible avec le variateur de vitesse qui est employé pour commander le moteur électrique et éventuellement de 25 déterminer sur quelle plage de fonctionnement le moteur électrique peut être commandé.

### **Exposé de l'invention**

Ce but est atteint par un procédé de commande pour vérifier la compatibilité entre un filtre d'entrée et un variateur de vitesse, ledit variateur de vitesse étant connecté 30 à une source d'alimentation électrique via ledit filtre d'entrée, ledit variateur de vitesse comprenant en entrée un étage redresseur connecté audit filtre d'entrée, un bus continu d'alimentation connecté audit étage redresseur et recevant une tension continue d'alimentation, et en sortie un étage onduleur connecté au bus continu d'alimentation et commandé pour fournir une tension variable à un moteur électrique, ledit procédé 35 consistant à :

- Appliquer plusieurs commandes successives pour définir plusieurs points de fonctionnement du moteur électrique,
  - Pour chaque point de fonctionnement :
    - Mesurer la tension continue du bus,
    - Comparer la variation maximale de l'amplitude de la tension continue mesurée pour ledit point de fonctionnement avec une valeur seuil,
    - Définir un nouveau point de fonctionnement tant que ladite variation maximale de l'amplitude de la tension continue est inférieure à ladite valeur seuil,
- 5
- Déterminer une plage de fonctionnement comprenant tous les points de fonctionnement pour lesquels ladite variation maximale de l'amplitude la tension continue est inférieure à ladite valeur seuil.
- 10

Selon une particularité, le procédé comporte une étape de mise en œuvre d'une  
15 trajectoire de commande permettant de définir lesdits points de fonctionnement.

Selon une autre particularité, ladite trajectoire de commande suit des paliers  
successifs, chaque palier permettant de définir un point de fonctionnement distinct.

Selon une autre particularité, ladite trajectoire de commande est une trajectoire  
de fréquence moteur de référence.

20 Selon une autre particularité, le procédé comporte une étape de définition d'un  
nouveau point de fonctionnement à partir d'une différence entre la variation maximale  
de l'amplitude de la tension continue mesurée pour ledit point de fonctionnement et la  
valeur seuil.

Selon une autre particularité, le procédé comporte une étape de détermination  
25 d'une limite haute en termes de point de fonctionnement d'une compatibilité de  
l'association du filtre d'entrée avec le variateur de vitesse.

Selon une autre particularité, le procédé comporte une étape de détermination  
d'une limite basse en termes de point de fonctionnement d'une compatibilité de  
l'association du filtre d'entrée avec le variateur de vitesse.

30 L'invention concerne également un système de commande pour vérifier la  
compatibilité entre un filtre d'entrée et un variateur de vitesse, ledit variateur de vitesse  
(2) étant connecté à une source d'alimentation électrique via ledit filtre d'entrée, ledit  
variateur de vitesse comprenant en entrée un étage redresseur connecté audit filtre  
35 d'entrée, un bus continu d'alimentation connecté audit étage redresseur et recevant une  
tension continue d'alimentation, et en sortie un étage onduleur connecté au bus continu

d'alimentation et commandé pour fournir une tension variable à un moteur électrique, ledit système étant configuré pour appliquer plusieurs commandes successives pour définir plusieurs points de fonctionnement du moteur électrique et comportant :

- Pour chaque point de fonctionnement :
  - 5 - Des moyens de mesure de la tension continue du bus,
  - Un module de comparaison de la variation maximale de l'amplitude de la tension continue mesurée pour ledit point de fonctionnement avec une valeur seuil,
  - Un module de détermination d'un nouveau point de fonctionnement tant que ladite variation maximale de l'amplitude de la tension continue est inférieure à ladite valeur seuil,
  - Un module de détermination d'une plage de fonctionnement comprenant tous les points de fonctionnement pour lesquels ladite variation maximale de l'amplitude de la tension continue est inférieure à ladite valeur seuil.

15 Selon une particularité, le système comporte un module d'application d'une trajectoire de commande permettant de définir lesdits points de fonctionnement.

Selon une autre particularité, ladite trajectoire de commande suit des paliers successifs, chaque palier permettant de définir un point de fonctionnement distinct.

20 Selon une autre particularité, ladite trajectoire de commande est une trajectoire de fréquence moteur de référence.

Selon une autre particularité, le système comporte un module de détermination d'un nouveau point de fonctionnement à partir d'une différence entre la variation maximale de l'amplitude de la tension continue mesurée pour ledit point de fonctionnement et la valeur seuil.

Selon une autre particularité, le système comporte un module de détermination d'une limite haute en termes de point de fonctionnement d'une compatibilité de l'association du filtre d'entrée avec le variateur de vitesse.

30 Selon une autre particularité, le système comporte un module de détermination d'une limite basse en termes de point de fonctionnement d'une compatibilité de l'association du filtre d'entrée avec le variateur de vitesse.

#### **Brève description des figures**

D'autres caractéristiques et avantages vont apparaître dans la description détaillée qui suit, faite en regard des dessins annexés dans lesquels :

- La figure 1 représente de manière schématique une architecture de commande d'un moteur électrique ;
- La figure 2 représente un exemple de filtre d'entrée pouvant être connecté à l'entrée d'un variateur de vitesse ;
- 5 - Les figures 3A à 3C illustrent de manière schématique le principe du procédé de commande de l'invention, selon un premier mode de réalisation ;
- La figure 4 illustre de manière schématique le principe du procédé de commande de l'invention, selon un deuxième mode de réalisation.

10

#### **Description détaillée d'au moins un mode de réalisation**

Comme décrit ci-dessus, l'invention vise à permettre de vérifier la compatibilité entre un variateur de vitesse et le filtre connecté à son entrée. Il permet également de connaître quelle est la plage de fonctionnement sur laquelle le variateur de vitesse 2 et  
15 le filtre d'entrée 1 sont compatibles entre eux.

20

De manière non limitative, un variateur de vitesse 2 comporte classiquement :

25

30

- Un étage redresseur 20 connecté à une source d'alimentation électrique (le réseau électrique R) pour recevoir une tension alternative ; Le redresseur pourra être de type passif tel qu'un pont de diodes ou actif à base de transistors commandés ;
- Un bus continu d'alimentation 22 sur lequel est appliquée la tension Vdc redressée par l'étage redresseur 20 et comprenant notamment deux lignes de bus et au moins un condensateur de bus connecté entre les deux lignes pour stabiliser la tension continue Vdc du bus ;
- Un étage onduleur 21 connecté en sortie du bus continu 22 et destiné à découper la tension continue Vdc fournie par le bus en une tension variable à destination du moteur électrique M ; L'étage onduleur 21 comporte plusieurs bras de commutation comportant chacun des transistors de puissance commandés pour appliquer la tension variable au moteur électrique.

Le variateur de vitesse intègre avantageusement une unité de commande UC destinée à assurer la commande des transistors de l'étage onduleur 21. L'unité de commande UC s'appuie sur une loi de commande pour déterminer les tensions à

appliquer au moteur électrique M ; la loi de commande peut être notamment de type vectoriel ou scalaire.

Le variateur de vitesse 2 comporte plusieurs phases de sortie (en général trois phases) reliant chaque bras de l'étage onduleur 21 à un enroulement distinct d'un moteur électrique M et plusieurs phases d'entrée (trois phases d'entrée sur la figure 1) le reliant à la source d'alimentation électrique, en général le réseau électrique R.

Pour filtrer les harmoniques, un filtre d'entrée 1 est connecté aux phases d'entrée du variateur de vitesse 2 et est intercalé entre le réseau R et le variateur de vitesse 2.

Ce filtre d'entrée 1 peut par exemple prendre la configuration représentée sur la figure 2. De manière connue, il se compose de plusieurs circuits de type RLC connectés de manière appropriée sur chacune des phases d'entrée du variateur de vitesse. Toute autre configuration classique pourrait être employée.

Le procédé de commande décrit ci-dessous s'applique quel que soit le filtre 1 présent en entrée et quel que soit le type de moteur électrique M (synchrone, asynchrone...) connecté sur la sortie du variateur de vitesse.

Le procédé de commande de l'invention est mis en œuvre selon deux modes de réalisation possibles.

Il est mis en œuvre par un système de commande comprenant des moyens de commande et des moyens de mesure de la tension continue Vdc du bus du variateur de vitesse.

Les moyens de commande sont configurés pour exécuter un ou plusieurs modules logiciels destinés à mettre en œuvre une ou plusieurs des étapes du procédé.

Les moyens de commande chargés de l'exécution des étapes de commande sont par exemple intégrés à l'unité de commande UC du variateur de vitesse 2.

Le procédé de commande peut être exécuté à la première mise sous tension du variateur de vitesse 2 ou à tout autre moment, par exemple lors d'un remplacement du filtre d'entrée.

De manière générale, le procédé consiste à balayer plusieurs points de fonctionnement du moteur électrique M grâce au variateur de vitesse 2 et à mesurer la tension continue Vdc du bus 22 du variateur de vitesse pour chacun de ces points de

fonctionnement. Il s'agira ensuite de comparer la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  de l'amplitude de la tension continue mesurée avec une valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$ .

Dans la présente demande, la notion de point de fonctionnement doit être comprise au niveau électrique (tension, courant) ou au niveau mécanique (couple, vitesse, position). Autrement dit, au niveau électrique, le variateur de vitesse fournit une tension (définie par une amplitude et une phase – fréquence statorique ou appelée fréquence moteur). Au niveau mécanique, le contrôle du variateur de vitesse traduit une référence de couple et de vitesse en une tension, qui, appliquée au moteur électrique, permet de générer un couple mécanique au moteur électrique.

Un point de fonctionnement doit être parfaitement définie et stable, que ce soit par les grandeurs électriques ou par les grandeurs mécaniques.

La valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$  sera définie en fonction des données constructeurs définies pour la protection des composants du variateur de vitesse.

Grâce au principe de l'invention, il est possible de déterminer sur quelle plage de commande le variateur de vitesse peut être commandé sans entraîner d'instabilités.

En référence aux figures 3 et 4, deux approches sont possibles.

Dans la première approche, il s'agit de parcourir les points de fonctionnement du moteur électrique et de vérifier la compatibilité de l'association filtre d'entrée + variateur de vitesse pour chacun de ces points de fonctionnement.

Dans la deuxième approche, il s'agit de déterminer les limites de validité en termes de point de fonctionnement de l'association filtre d'entrée + variateur de vitesse.

### Première approche

Dans la première approche, le principe du procédé de commande mis en œuvre est schématisé sur la figure 3A.

La structure de commande comporte :

- Un bloc de commande B1 chargé de générer une trajectoire de référence à la fréquence moteur ( $F_{mot\_ref}$ ). Ce bloc de commande B1 reçoit en entrée la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  de l'amplitude de la tension continue mesurée

et une valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$  définie comme la valeur limite pour laquelle l'association filtre d'entrée + variateur de vitesse n'est plus valable.

- Un bloc de contrôle standard B2 recevant en entrée la fréquence moteur de référence Fmot\_ref générée par le bloc de commande B1 suivant la trajectoire suivie. Ce bloc de contrôle standard B2 applique une loi de contrôle standard pour déterminer les tensions de commande V123\_ref à appliquer au moteur électrique connecté sur les phases de sortie du variateur de vitesse.

Le bloc de commande B1 fonctionne selon l'algorithme représenté sur la figure  
10 3B. Cet algorithme est le suivant :

- a) Dans une étape E0, il génère une première fréquence moteur de référence Fmot\_ref selon la trajectoire prévue, cette fréquence moteur de référence correspondant à un premier point de fonctionnement du moteur électrique.
- b) Dans une étape suivante, les moyens de mesure mesurent la tension continue Vdc du bus du variateur de vitesse pour ce premier point de fonctionnement.
- c) Dans une étape E1, un module de comparaison compare la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  de l'amplitude de la tension continue mesurée du bus avec la valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$  déterminée.
- d) Dans une étape E2, si la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  mesurée est inférieure à ladite valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$ , le bloc de commande B1 vérifie alors à l'aide d'un module de vérification si la limite haute Flim de fréquence moteur de la trajectoire est atteinte.
- e) Si la limite haute Flim n'est pas encore atteinte, le bloc de commande B1 recommence les étapes a) à d) en modifiant la fréquence moteur de référence (Fmot\_ref+x) appliquée en entrée selon la trajectoire de commande suivie (étape E3).
- f) Si la limite haute Flim est atteinte, le bloc de commande B1 peut en conclure que l'association filtre d'entrée+variateur de vitesse est valide sur l'ensemble de la plage de fonctionnement (étape E4).
- g) Si la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  mesurée est supérieure à ladite valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$ , le bloc de commande B1 en conclut que l'association filtre d'entrée

+ variateur de vitesse n'est pas conseillée pour un fonctionnement à cette fréquence moteur (étape E5).

Comme la trajectoire générée en entrée est une trajectoire croissante (ou décroissante), le bloc de commande est à même de déterminer à l'aide d'un module approprié à partir de quelle fréquence moteur l'association filtre d'entrée + variateur de vitesse n'est plus conseillée, ou autrement dit de déterminer la limite haute (respectivement basse) de fonctionnement du couple filtre d'entrée + variateur de vitesse.

La trajectoire suivie par la fréquence moteur de référence Fmot\_ref peut comporter une limite haute Flim pour laquelle il est considéré que toute la plage de fonctionnement du moteur électrique est couverte. Lorsque cette limite haute Flim est atteinte et que l'étape d) est vérifiée, le bloc de commande B1 peut en conclure que toute la plage de fonctionnement est couverte et que l'association filtre d'entrée + variateur de vitesse est valable de manière globale.

La trajectoire de la fréquence moteur de référence Fmot\_ref peut suivre tout profil déterminé, à partir du moment où plusieurs points de fonctionnement successifs sont définis au niveau du moteur électrique M. Il pourra s'agir par exemple d'une trajectoire comportant plusieurs paliers de fréquence successifs, d'une trajectoire qui suit une rampe déterminée ou de toute autre trajectoire possible permettant de couvrir la plage de fonctionnement.

La figure 3C représente sur le premier diagramme un exemple de trajectoire par paliers successifs suivi par la fréquence moteur de référence Fmot\_ref.

Sur cette figure 3C, le deuxième diagramme montre l'évolution de la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  de l'amplitude de la tension continue du bus pour chaque palier de fréquence de référence Fmot\_ref appliqué en entrée. Sur ce diagramme, la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  reste toujours inférieure à la valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$ , ce qui permet au bloc de commande B1 de conclure à la compatibilité du filtre d'entrée 1 avec le variateur de vitesse 2.

Sur la figure 3C, le troisième diagramme montre l'évolution de la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  de l'amplitude de la tension continue du bus pour chaque palier de fréquence de référence Fmot\_ref appliqué en entrée. Sur ce troisième diagramme, on peut voir que la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  dépasse la valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$  pour un point de fonctionnement. Il en résulte que l'association filtre d'entrée+variateur de vitesse n'est pas valable sur toute la plage de fonctionnement.

A la fin de la mise en œuvre de l'algorithme, l'unité de commande UC est à même de définir la plage de fonctionnement pour laquelle l'association filtre d'entrée + variateur de vitesse est valable.

## 5 Deuxième approche

Selon cette deuxième approche, le procédé de commande consiste en une boucle de régulation permettant de déterminer directement la limite basse en termes de fréquence moteur (ou autrement dit de point de fonctionnement) de la compatibilité de l'association filtre d'entrée + variateur de vitesse et la limite haute en termes de fréquence moteur de la compatibilité de l'association filtre d'entrée + variateur de vitesse.

En référence à la figure 4, pour cette deuxième approche, la structure de commande comporte :

- Un bloc de comparaison B30 permettant de déterminer la différence entre la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  de l'amplitude de la tension continue du bus qui a été mesurée et la valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$ .
- Un bloc de régulation B10 recevant en entrée ladite différence déterminée et exécutant un contrôleur classique. A partir de la différence injectée en entrée, le bloc de régulation B10 détermine la fréquence moteur de référence Fmot\_ref à appliquer pour faire converger la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  de l'amplitude de la tension continue mesurée vers la valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$ .
- Un bloc de contrôle standard B20 recevant en entrée la fréquence moteur de référence Fmot\_ref déterminée par le bloc de régulation B10. Ce bloc de contrôle standard B20 applique une loi de contrôle standard pour déterminer les tensions de commande V123\_ref à appliquer au moteur électrique M connecté sur les phases de sortie du variateur de vitesse 2 à partir de la fréquence moteur de référence Fmot\_ref reçue en entrée.

Pour déterminer la limite basse de la zone d'instabilité, si la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  de la tension continue du bus est inférieure à la valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$ , alors le bloc de régulation B10 va augmenter la fréquence moteur de référence Fmot\_ref, en partant d'une valeur initiale faible (à partir de 0Hz par exemple). Cela peut se réaliser par

différents contrôleurs standards, tels que contrôleur de type tout ou rien ou de type régulateur à action proportionnelle intégrale (PI). A titre d'exemple :

- Pour un régulateur de type PI, à chaque pas de temps, on a :

5                     $F_{int} = F_{int} + K_I \times T_s (\Delta V_{dc\_ref} - \Delta V_{dc\_m})$  et  $F_{mot\_ref} = F_{int} + K_P (\Delta V_{dc\_ref} - \Delta V_{dc\_m})$ . Avec  $F_{int}$  : terme intégral,  $T_s$  : temps d'échantillonnage,  $K_I$  gain intégral,  $K_P$  gain proportionnel.

Pour déterminer la limite haute de la zone d'instabilité, si la variation maximale  $\Delta V_{dc\_m}$  de la tension continue du bus est inférieure à la valeur seuil  $\Delta V_{dc\_ref}$ , alors le bloc 10 de régulation B10 va diminuer la fréquence moteur de référence  $F_{mot\_ref}$ , en partant d'une valeur initiale élevée (à partir de la fréquence nominale par exemple). Cela peut également se réaliser par différents contrôleurs standards, tels que contrôleur de type tout ou rien ou de type régulateur à action proportionnelle intégrale (PI). A titre d'exemple :

15                    ○ Pour un régulateur de type PI, à chaque pas de temps, on a :

$F_{int} = F_{int} - K_I \times T_s (\Delta V_{dc\_ref} - \Delta V_{dc\_m})$  et  $F_{mot\_ref} = F_{int} - K_P (\Delta V_{dc\_ref} - \Delta V_{dc\_m})$ . Avec  $F_{int}$  : terme intégral,  $T_s$  : temps d'échantillonnage,  $K_I$  gain intégral,  $K_P$  gain proportionnel.

20                    Dans cette deuxième approche, la fréquence moteur de référence  $F_{mot\_ref}$  est modifiée par le bloc de régulation B20. Il n'existe pas de limitation à ce que ce bloc B20 fournit une variation continue de fréquence moteur ou une variation discontinue par paliers successifs.

25                    Cette deuxième approche permet donc de vérifier que la limite basse de fréquence moteur déterminée et que la limite haute de fréquence moteur déterminée définissent bien la plage de fonctionnement voulue pour le variateur de vitesse dans le contrôle du moteur électrique.

30                    L'invention décrite ci-dessus présente ainsi un certain nombre d'avantages, parmi lesquels :

- Une simplicité de mise en œuvre. Il s'agit simplement de mesurer la tension continue du bus et de mettre en œuvre l'algorithme adapté selon la première approche ou la deuxième approche ;
- Une fiabilité permettant de garantir que l'association filtre d'entrée + variateur de vitesse est bien réalisable sur une plage de fonctionnement suffisamment large ;
- Une solution économique en ce qu'elle permet d'éviter d'endommager les composants du variateur de vitesse.

5

## REVENDICATIONS

1. Procédé de commande pour vérifier la compatibilité entre un filtre d'entrée (1) et un variateur de vitesse (2), ledit variateur de vitesse (2) étant connecté à une source d'alimentation électrique via ledit filtre d'entrée (1), ledit variateur de vitesse comprenant en entrée un étage redresseur (20) connecté audit filtre d'entrée (1), un bus continu d'alimentation (22) connecté audit étage redresseur et recevant une tension continue d'alimentation ( $V_{dc}$ ), et en sortie un étage onduleur (21) connecté au bus continu d'alimentation et commandé pour fournir une tension variable à un moteur électrique (M), ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste à :
  - Appliquer plusieurs commandes successives pour définir plusieurs points de fonctionnement du moteur électrique,
  - Pour chaque point de fonctionnement :
    - Mesurer la tension continue du bus,
    - Comparer la variation maximale ( $\Delta V_{dc\_m}$ ) de l'amplitude de la tension continue mesurée pour ledit point de fonctionnement avec une valeur seuil ( $\Delta V_{dc\_ref}$ ),
    - Définir un nouveau point de fonctionnement tant que ladite variation maximale de l'amplitude de la tension continue est inférieure à ladite valeur seuil,
  - Déterminer une plage de fonctionnement comprenant tous les points de fonctionnement pour lesquels ladite variation maximale de l'amplitude de la tension continue est inférieure à ladite valeur seuil.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de mise en œuvre d'une trajectoire de commande permettant de définir lesdits points de fonctionnement.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite trajectoire de commande suit des paliers successifs, chaque palier permettant de définir un point de fonctionnement distinct.
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que ladite trajectoire de commande est une trajectoire de fréquence moteur de référence ( $F_{mot\_ref}$ ).
5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de définition d'un nouveau point de fonctionnement à partir d'une différence entre la

variation maximale ( $\Delta V_{dc\_m}$ ) de l'amplitude de la tension continue mesurée pour ledit point de fonctionnement et la valeur seuil ( $\Delta V_{dc\_ref}$ ).

5        6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de détermination d'une limite haute en termes de point de fonctionnement d'une compatibilité de l'association du filtre d'entrée (1) avec le variateur de vitesse (2).

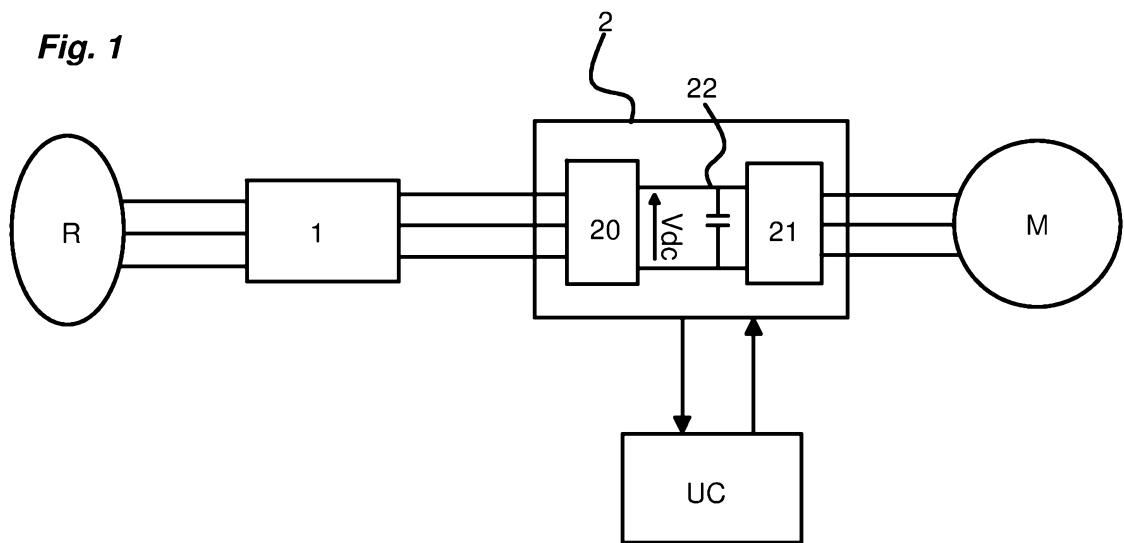
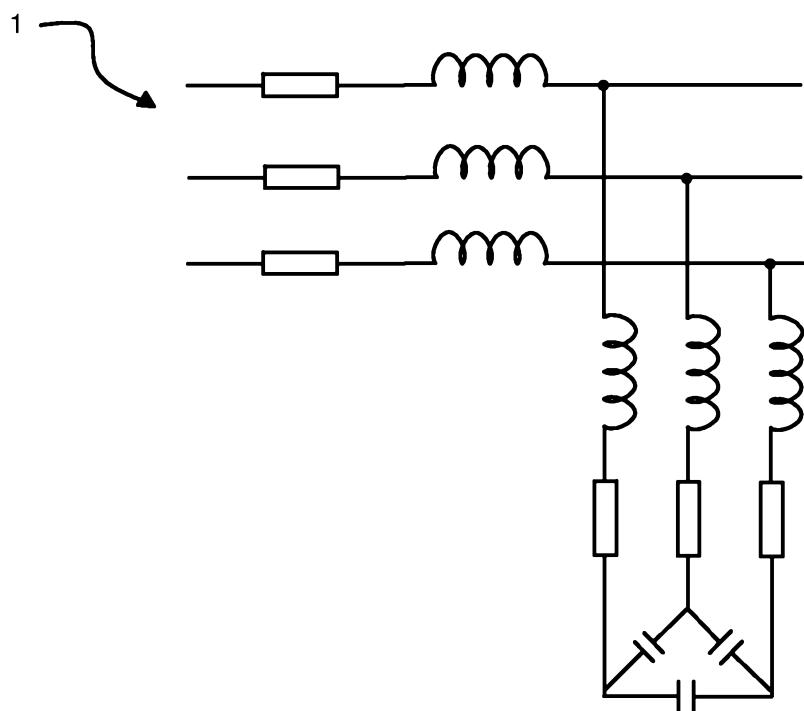
10      7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de détermination d'une limite basse en termes de point de fonctionnement d'une compatibilité de l'association du filtre d'entrée avec le variateur de vitesse.

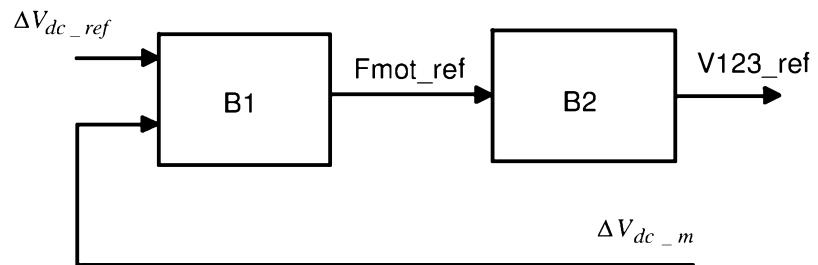
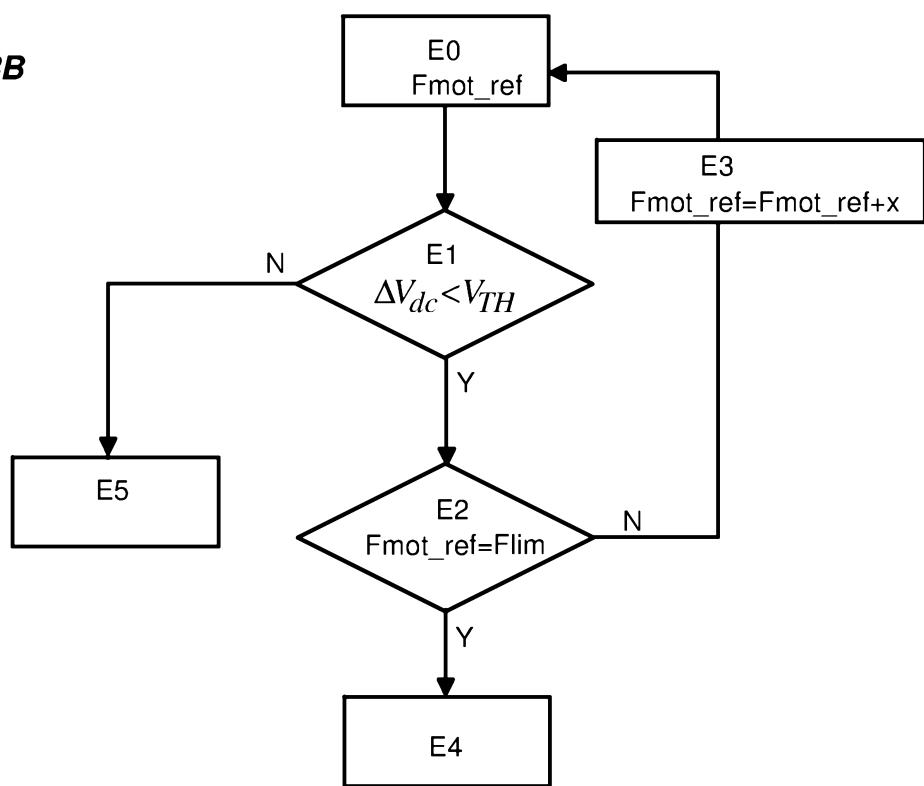
15      8. Système de commande pour vérifier la compatibilité entre un filtre d'entrée (1) et un variateur de vitesse (2), ledit variateur de vitesse (2) étant connecté à une source d'alimentation électrique via ledit filtre d'entrée (1), ledit variateur de vitesse comprenant en entrée un étage redresseur (20) connecté audit filtre d'entrée (1), un bus continu d'alimentation (22) connecté audit étage redresseur et recevant une tension continue d'alimentation ( $V_{dc}$ ), et en sortie un étage onduleur (21) connecté au bus continu d'alimentation et commandé pour fournir une tension variable à un moteur électrique (M), ledit système étant caractérisé en ce qu'il est configuré pour appliquer plusieurs commandes successives pour définir plusieurs points de fonctionnement du moteur électrique et en ce qu'il comporte :

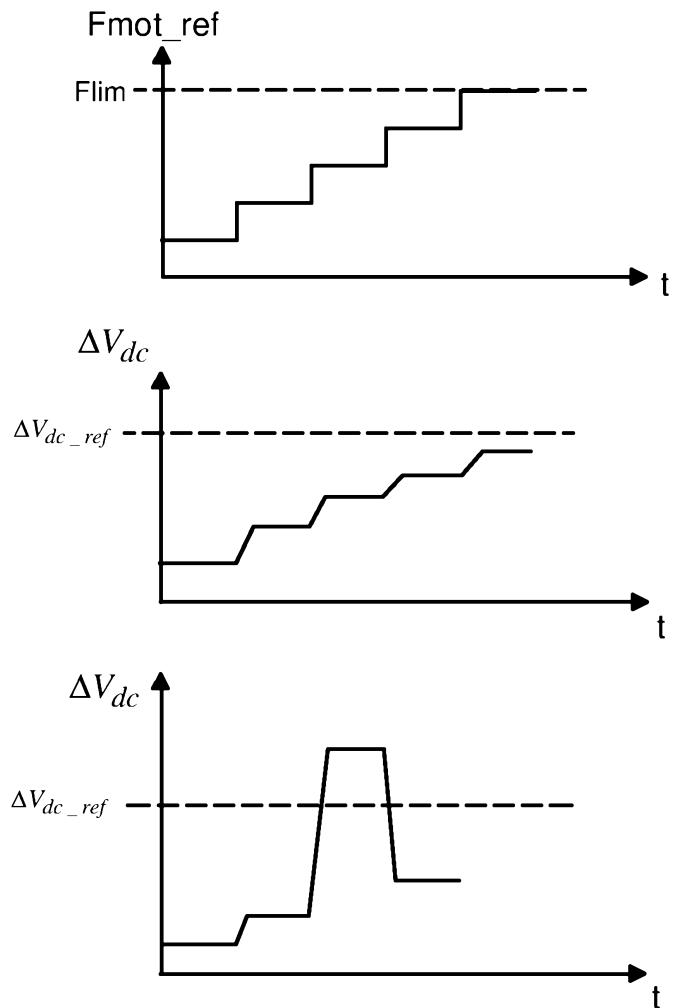
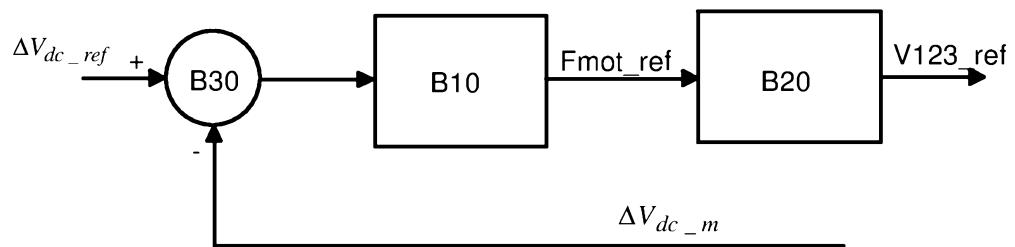
- 20      - Pour chaque point de fonctionnement :
- 25      - Des moyens de mesure de la tension continue du bus,
- Un module de comparaison de la variation maximale ( $\Delta V_{dc\_m}$ ) de l'amplitude de la tension continue mesurée pour ledit point de fonctionnement avec une valeur seuil ( $\Delta V_{dc\_ref}$ ),
- Un module de détermination d'un nouveau point de fonctionnement tant que ladite variation maximale de l'amplitude de la tension continue est inférieure à ladite valeur seuil,
- 30      - Un module de détermination d'une plage de fonctionnement comprenant tous les points de fonctionnement pour lesquels ladite variation maximale ( $\Delta V_{dc\_m}$ ) de l'amplitude la tension continue est inférieure à ladite valeur seuil ( $\Delta V_{dc\_ref}$ ).

9. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte un module d'application d'une trajectoire de commande permettant de définir lesdits points de fonctionnement.

10. Système selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite trajectoire de commande suit des paliers successifs, chaque palier permettant de définir un point de fonctionnement distinct.
- 5        11. Système selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que ladite trajectoire de commande est une trajectoire de fréquence moteur de référence (Fmot\_ref).
- 10      12. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte un module de détermination (B10) d'un nouveau point de fonctionnement à partir d'une différence entre la variation maximale ( $\Delta V_{dc\_m}$ ) de l'amplitude de la tension continue mesurée pour ledit point de fonctionnement et la valeur seuil ( $\Delta V_{dc\_ref}$ ).
- 15      13. Système selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comporte un module de détermination d'une limite haute en termes de point de fonctionnement d'une compatibilité de l'association du filtre d'entrée (1) avec le variateur de vitesse (2).
- 15      14. Système selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce qu'il comporte un module de détermination d'une limite basse en termes de point de fonctionnement d'une compatibilité de l'association du filtre d'entrée (1) avec le variateur de vitesse (2).

*Fig. 1**Fig. 2*

**Fig. 3A****Fig. 3B**

**Fig. 3C****Fig. 4**

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2012/256580 A1 (YU ANBO [CN] ET AL) 11 octobre 2012 (2012-10-11)

US 6 229 278 B1 (GARCES LUIS J [US] ET AL) 8 mai 2001 (2001-05-08)

US 5 089 760 A (JOYNER JR F CARL [US]) 18 février 1992 (1992-02-18)

BEHROOZ BAHRANI ET AL: "Investigation of harmonic filtering for the state-of-the-art variable speed drives", 13TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, 2009 : EPE '09 ; 8 - 10 SEPT. 2009, BARCELONA, SPAIN, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 8 septembre 2009 (2009-09-08), pages 1-10, XP031541692, ISBN: 978-1-4244-4432-8

KOLAR J W ET AL: "A COMPREHENSIVE DESIGN APPROACH FOR A THREE-PHASE HIGH-FREQUENCY SINGLE-SWITCH DISCONTINUOUS-MODE BOOST POWER FACTOR CORRECTOR BASED ON ANALYTICALLY DERIVED NORMALIZED CONVERTER COMPONENT RATINGS", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 31, no. 3, 1 mai 1995 (1995-05-01), pages 569-582, XP000537476, ISSN: 0093-9994, DOI: 10.1109/28.382118

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT