

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

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

**3 068 537**

②1 N° d'enregistrement national : **17 56017**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **H 02 K 3/28** (2017.01)

①2

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤4 STATOR DE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE AYANT UNE CONFIGURATION HYBRIDE DE BOBINAGE AMELIOREE.

②2 Date de dépôt : 29.06.17.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 04.01.19 Bulletin 19/01.

④5 Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 13.12.19 Bulletin 19/50.

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) : VALEO EQUIPEMENTS  
ELECTRIQUES MOTEUR Société par actions  
simplifiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : AHMED MARIAM.

⑦3 Titulaire(s) : VALEO EQUIPEMENTS  
ELECTRIQUES MOTEUR Société par actions  
simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : VALEO MANAGEMENT  
SERVICES.

**FR 3 068 537 - B1**



## STATOR DE MACHINE ÉLECTRIQUE TOURNANTE AYANT UNE CONFIGURATION HYBRIDE DE BOBINAGE AMÉLIORÉE

L'invention porte sur un stator de machine électrique tournante ayant une configuration hybride de bobinage améliorée.

- 5 De façon connue en soi, les machines électriques tournantes comportent un stator et un rotor solidaire d'un arbre. Le rotor pourra être solidaire d'un arbre menant et/ou mené et pourra appartenir à une machine électrique tournante sous la forme d'un alternateur, d'un moteur électrique, ou d'une machine réversible pouvant fonctionner dans les deux modes.
- 10 Le rotor comporte un corps formé par un empilage de feuilles de tôles maintenues sous forme de paquet au moyen d'un système de fixation adapté. Le rotor comporte des pôles formés par exemple par des aimants permanents logés dans des cavités délimitées chacune par deux dents rotoriques adjacentes. Alternativement, le rotor pourra être un rotor dit à
- 15 pôles saillants comportant des bobines enroulées autour de bras du rotor. Le rotor pourra également prendre la forme d'un rotor d'alternateur comportant des roues polaires entre lesquelles est montée une bobine.

Par ailleurs, le stator est monté dans un carter configuré pour porter à rotation l'arbre du rotor par exemple par l'intermédiaire de roulements. Le

20 stator comporte un corps muni d'une pluralité de dents définissant des d'encoches, et un bobinage inséré dans les encoches du stator. Le bobinage est obtenu par exemple à partir de fils continus recouverts d'émail ou à partir d'éléments conducteurs en forme d'épingles reliées entre elles par soudage.

Le document US7030533 ou US7291954 décrivent un bobinage comportant

25 un premier système triphasé et un deuxième système triphasé de type triangle. Le bobinage comporte également un troisième système triphasé et un quatrième système triphasé de type étoile. Le premier système triphasé est connecté en série avec le quatrième système triphasé, et le deuxième système triphasé est connecté en série avec le troisième système triphasé.

30 En outre, des couples de phases du premier et du deuxième systèmes triphasés sont situés dans une même série d'encoches, tandis que des

couples de phases du troisième et du quatrième systèmes triphasés sont situés dans une même série d'encoches. Toutefois, une telle configuration présente l'inconvénient d'introduire un angle électrique non nul entre les tensions de phase du système triangle et les tensions de phase du système étoile correspondant. Cela induit des ondulations du courant de sortie de la machine électrique non négligeables.

L'invention vise à remédier efficacement à cet inconvénient en proposant un stator de machine électrique tournante pour véhicule automobile comportant un corps muni d'encoches et un bobinage ayant:

- 10 - un premier système triphasé et un deuxième système triphasé d'un premier type,
- un troisième système triphasé et un quatrième système triphasé d'un deuxième type,
- le premier système triphasé étant connecté en série avec le quatrième système triphasé,
- 15 - le deuxième système triphasé étant connecté en série avec le troisième système triphasé,
- caractérisé en ce que
- au moins une phase du premier système triphasé et au moins une phase du troisième système triphasé sont situées à l'intérieur d'une même série d'encoches, et
- 20 - au moins une phase du deuxième système triphasé et au moins une phase du quatrième système triphasé sont situées à l'intérieur d'une même série d'encoches.

25 L'invention permet ainsi de corriger mécaniquement l'angle de décalage électrique entre les phases des différents systèmes triphasés, ce qui permet notamment de minimiser les ondulations du courant de sortie de la machine électrique tournante.

Selon une réalisation, une première phase du premier système triphasé et une première phase du troisième système triphasé sont situées dans une même première série d'encoches.

Selon une réalisation, une première phase du deuxième système triphasé et une première phase du quatrième système triphasé sont situées dans une même deuxième série d'encoches.

5 Selon une réalisation, une deuxième phase du premier système triphasé et une deuxième phase du troisième système triphasé sont situées dans une même troisième série d'encoches.

Selon une réalisation, une deuxième phase du deuxième système triphasé et une deuxième phase du quatrième système triphasé sont situées dans une même quatrième série d'encoches.

10 Selon une réalisation, une troisième phase du premier système triphasé et une troisième phase du troisième système triphasé sont situées dans une même cinquième série d'encoches.

15 Selon une réalisation, une troisième phase du deuxième système triphasé et une troisième phase du quatrième système triphasé sont situées dans une même sixième série d'encoches.

20 Selon une réalisation, la première série d'encoches recevant la première phase du premier système triphasé et la première phase du troisième système triphasé est adjacente à la deuxième série d'encoches recevant la première phase du deuxième système triphasé et la première phase du quatrième système triphasé.

25 Selon une réalisation, la troisième série d'encoches recevant la deuxième phase du premier système triphasé et la deuxième phase du troisième système triphasé est adjacente à la quatrième série d'encoches recevant la deuxième phase du deuxième système triphasé et la deuxième phase du quatrième système triphasé.

30 Selon une réalisation, la cinquième série d'encoches recevant la troisième phase du premier système triphasé et la troisième phase du troisième système triphasé est adjacente à la sixième série d'encoches recevant la troisième phase du deuxième système triphasé et la troisième phase du quatrième système triphasé.

Selon une réalisation, le troisième système triphasé et le quatrième système triphasé sont connectés chacun à un circuit ayant une fonction de pont redresseur et/ou d'onduleur.

5 Selon une réalisation, le premier système triphasé et le deuxième système triphasé sont de type triangle.

Selon une réalisation, le troisième système triphasé et le quatrième système triphasé sont de type étoile.

10 Selon une réalisation, une différence d'angle électrique entre une tension d'une phase du premier système triphasé et une tension d'une phase correspondante du quatrième système triphasé est nulle.

Selon une réalisation, une différence d'angle électrique entre une tension d'une phase du deuxième système triphasé et une tension d'une phase correspondante du troisième système triphasé est nulle.

15 Selon une réalisation, les phases du troisième système triphasé et du quatrième système triphasé sont situées du côté d'une ouverture des encoches. Cela permet d'améliorer le refroidissement de la machine en exposant les phases parcourues par le courant le plus élevé au flux d'air généré par le ventilateur de la machine électrique.

20 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Ces figures ne sont données qu'à titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention.

La figure 1 montre une vue en coupe transversale partielle d'un stator de machine électrique tournante selon la présente invention;

25 La figure 2 est un schéma du montage électrique des différents systèmes triphasés du stator selon la présente invention;

La figure 3 est une représentation schématique du couplage entre les phases des différents systèmes triphasés à l'intérieur des encoches du stator selon la présente invention;

La figure 4 est une représentation schématique illustrant les différences d'angle électrique entre les tensions de phase d'un système triangle et les tensions de phase d'un système étoile correspondant;

5 La figure 5 est une représentation graphique illustrant les ondulations du courant de sortie de la machine électrique;

La figure 6 est une représentation graphique des signaux de courant dans les systèmes triangle et étoile, ainsi que les harmoniques de ces signaux de courant.

10 Les éléments identiques, similaires, ou analogues conservent la même référence d'une figure à l'autre.

La figure 1 montre un stator 10 de machine électrique tournante comportant un corps 11 et un bobinage 12. Le corps de stator 11 consiste en un empilement axial de tôles planes. Le corps 11 comporte des dents 13 réparties angulairement de manière régulière. Ces dents 13 délimitent des encoches 16, de telle façon que chaque encoche 16 est délimitée par deux dents 13 successives. Les encoches 16 débouchent axialement dans les faces d'extrémité axiales du corps 11. Les encoches 16 sont également ouvertes radialement vers l'intérieur du corps 11. Le corps de stator 11 peut être muni de pieds de dent 17 du côté des extrémités libres des dents 13.

20 Comme cela est visible sur la figure 2, le bobinage 12 comporte un premier système triphasé a, b, c et un deuxième système triphasé d, e, f de type triangle. Le bobinage 12 comporte également un troisième système triphasé A, B, C et un quatrième système triphasé D, E, F de type étoile. En variante, le type des différents systèmes (triangle ou étoile) pourra être différent. Le premier système triphasé a, b, c est connecté en série avec le quatrième système triphasé D, E, F. Le deuxième système triphasé d, e, f est connecté en série avec le troisième système triphasé A, B, C.

30 Chaque phase est formée de plusieurs spires concentriques d'un conducteur 20, tel qu'un fil de cuivre continu recouvert d'émail. Les conducteurs 20 présentent ici une section ronde. Alternativement, afin d'optimiser le

remplissage des encoches 16, les conducteurs 20 pourront présenter une section rectangulaire, carrée, ou en forme de méplat.

Deux phases de deux systèmes différents sont associés à une série d'encoches S1-S6, de sorte que chaque encoche 16 reçoit plusieurs fois les conducteurs 20 des phases correspondantes. Deux encoches 16 consécutives d'une série sont séparées par des encoches 16 adjacentes correspondant chacune à une autre série d'encoches associées aux autres phases. Ainsi, pour les quatre systèmes triphasés, les conducteurs 20 de deux phases associées sont insérés toutes les  $[4(\text{systèmes triphasés}) \cdot 3(\text{phases})] / 2(\text{phases par encoche})$ , soit toutes les six encoches.

Les phases des systèmes triphasés en triangle et les phases des systèmes triphasés en étoile peuvent être formées par un même nombre de spires ou un nombre de spires différents. En l'occurrence, les phases des systèmes en triangle et en étoile sont formées chacune par deux spires, de sorte que le stator comporte quatre conducteurs par encoche.

Plus précisément, comme on peut le voir sur la figure 3, une première phase a du premier système triphasé et une première phase A du troisième système triphasé sont situées dans une même première série d'encoches S1.

Une première phase d du deuxième système triphasé et une première phase D du quatrième système triphasé sont situées dans une même deuxième série d'encoches S2.

Une deuxième phase b du premier système triphasé et une deuxième phase B du troisième système triphasé sont situées dans une même troisième série d'encoches S3.

Une deuxième phase e du deuxième système triphasé et une deuxième phase E du quatrième système triphasé sont situées dans une même quatrième série d'encoches S4.

Une troisième phase c du premier système triphasé et une troisième phase C du troisième système triphasé sont situées dans une même cinquième série d'encoches S5.

Une troisième phase f du deuxième système triphasé et une troisième phase F du quatrième système triphasé sont situées dans une même sixième série d'encoches S6.

5 De préférence, la première série d'encoches S1 recevant la première phase a du premier système triphasé et la première phase A du troisième système triphasé est adjacente à la deuxième série d'encoches S2 recevant la première phase d du deuxième système triphasé et la première phase D du quatrième système triphasé.

10 La troisième série d'encoches S3 recevant la deuxième phase b du premier système triphasé et la deuxième phase B du troisième système triphasé est adjacente à la quatrième série d'encoches S4 recevant la deuxième phase e du deuxième système triphasé et la deuxième phase E du quatrième système triphasé.

15 La cinquième série d'encoches S5 recevant la troisième phase c du premier système triphasé et la troisième phase C du troisième système triphasé est adjacente à la sixième série d'encoches S6 recevant la troisième phase f du deuxième système triphasé et la troisième phase F du quatrième système triphasé.

20 En outre, le troisième système triphasé A, B, C et le quatrième système triphasé D, E, F sont connectés chacun respectivement à un circuit P1, P2 ayant une fonction de pont redresseur et/ou d'onduleur. Chaque circuit P1, P2 est monté entre une borne positive B+ et la masse du système.

25 Comme cela ressort de la figure 4, une différence d'angle électrique entre une tension d'une phase du premier système triphasé Va, Vb, Vc et une tension d'une phase correspondante du quatrième système triphasé VD, VE, VF est nulle.

30 Ainsi, la différence d'angle électrique entre la tension de la première phase Va du premier système triphasé et la tension de la première phase VD du quatrième système triphasé est nulle. La différence d'angle électrique entre la tension de la deuxième phase Vb du premier système triphasé et la tension de la deuxième phase VE du quatrième système triphasé est nulle.

La différence d'angle électrique entre la tension de la troisième phase  $V_c$  du premier système triphasé et la tension de la troisième phase  $V_F$  du quatrième système triphasé est nulle.

5 Par ailleurs, une différence d'angle électrique entre une tension d'une phase du deuxième système triphasé  $V_d$ ,  $V_e$ ,  $V_f$  et une tension d'une phase correspondante du troisième système triphasé  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$  est nulle.

Ainsi, la différence d'angle électrique entre la tension de la première phase  $V_d$  du deuxième système triphasé et la tension de la première phase  $V_A$  du troisième système triphasé est nulle. La différence d'angle électrique entre la  
10 tension de la deuxième phase  $V_e$  du deuxième système triphasé et la tension de la deuxième phase  $V_B$  du troisième système triphasé est nulle. La différence d'angle électrique entre la tension de la troisième phase  $V_f$  du deuxième système triphasé et la tension de la troisième phase  $V_C$  du troisième système triphasé est nulle.

15 La figure 5 met en évidence que l'invention permet, à basses vitesses de rotation, de minimiser la variation de courant de sortie de la machine électrique tout en maximisant son intensité. En effet, pour une vitesse de 1800 tours/min, le courant de sortie  $I_s$  atteint 132A pour une variation  $V_{ond}$  de l'ordre de 3.2A; alors que le courant de sortie de la machine atteint 123A  
20 pour une variation de l'ordre de 3.7A pour une machine munie du stator tel que décrit dans le document US7291954.

Avantageusement, les phases des systèmes en étoile (le troisième système A, B, C et le quatrième système D, E, F) sont situées du côté de l'ouverture des encoches 16, tandis que les phases des systèmes en triangle (le premier  
25 système a, b, c et le deuxième système d, e, f) sont situées du côté d'un fond d'encoche 16.

Cela permet d'améliorer le refroidissement de la machine en exposant au flux d'air généré par le ventilateur de la machine électrique les phases des systèmes parcourus par le courant le plus élevé. En effet, la figure 6 montre  
30 que la première harmonique  $H_1$  du courant de phase  $I_Y$  pour les systèmes en étoile est plus importante que celle  $H_1'$  du courant de phase  $I_{\Delta}$  pour les systèmes en triangle.

L'invention permet en outre de réduire les pertes en courant alternatif. L'amplitude de la troisième harmonique est également réduite pour le courant  $I_{\Delta}$ .

5 Bien entendu, la description qui précède a été donnée à titre d'exemple uniquement et ne limite pas le domaine de l'invention dont on ne sortirait pas en remplaçant les différents éléments par tous autres équivalents.

## REVENDEICATIONS

1. Stator (10) de machine électrique tournante pour véhicule automobile comportant un corps (11) muni d'encoches (16) et un bobinage (12) ayant:

- 5           - un premier système triphasé (a, b, c) et un deuxième système triphasé (d, e, f) d'un premier type,
- un troisième système triphasé (A, B, C) et un quatrième système triphasé (D, E, F) d'un deuxième type,
- le premier système triphasé (abc) étant connecté en série avec le
- 10           quatrième système triphasé (D, E, F),
- le deuxième système triphasé (d, e, f) étant connecté en série avec le troisième système triphasé (A, B, C),
- caractérisé en ce que
- au moins une phase du premier système triphasé (a, b, c) et au
- 15           moins une phase du troisième système triphasé (A, B, C) sont situées à l'intérieur d'une même série d'encoches (16),
- au moins une phase du deuxième système triphasé (d, e, f) et au moins une phase du quatrième système triphasé (D, E, F) sont situées à l'intérieur d'une même série d'encoches (16), et
- 20           une troisième phase (f) du deuxième système triphasé et une deuxième phase (F) du quatrième système triphasé sont situées dans une même sixième série d'encoches (S6).

2. Stator selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une première phase (a) du premier système triphasé et une première phase (A) du

25           troisième système triphasé sont situées dans une même première série d'encoches (S1).

3. Stator selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une première phase (d) du deuxième système triphasé et une première phase (D) du quatrième système triphasé sont situées dans une même deuxième série

30           d'encoches (S2).

4. Stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'une deuxième phase (b) du premier système triphasé et une

deuxième phase (B) du troisième système triphasé sont situées dans une même troisième série d'encoches (S3).

5 5. Stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'une deuxième phase (e) du deuxième système triphasé et une deuxième phase (E) du quatrième système triphasé sont situées dans une même quatrième série d'encoches (S4).

10 6. Stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'une troisième phase (c) du premier système triphasé et une troisième phase (C) du troisième système triphasé sont situées dans une même cinquième série d'encoches (S5).

15 7. Stator selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce que la première série d'encoches (S1) recevant la première phase (a) du premier système triphasé et la première phase (A) du troisième système triphasé est adjacente à la deuxième série d'encoches (S2) recevant la première phase (d) du deuxième système triphasé et la première phase (D) du quatrième système triphasé.

20 8. Stator selon les revendications 4 et 5, caractérisé en ce que la troisième série d'encoches (S3) recevant la deuxième phase (b) du premier système triphasé et la deuxième phase (B) du troisième système triphasé est adjacente à la quatrième série d'encoches (S4) recevant la deuxième phase (e) du deuxième système triphasé et la deuxième phase (E) du quatrième système triphasé.

25 9. Stator selon la revendication 6, caractérisé en ce que la cinquième série d'encoches (S5) recevant la troisième phase (c) du premier système triphasé et la troisième phase (C) du troisième système triphasé est adjacente à la sixième série d'encoches (S6) recevant la troisième phase (f) du deuxième système triphasé et la deuxième phase (F) du quatrième système triphasé.

30 10. Stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le troisième système triphasé (A, B, C) et le quatrième système triphasé (D, E, F) sont connectés chacun à un circuit (P1, P2) ayant

une fonction de pont redresseur et/ou d'onduleur.

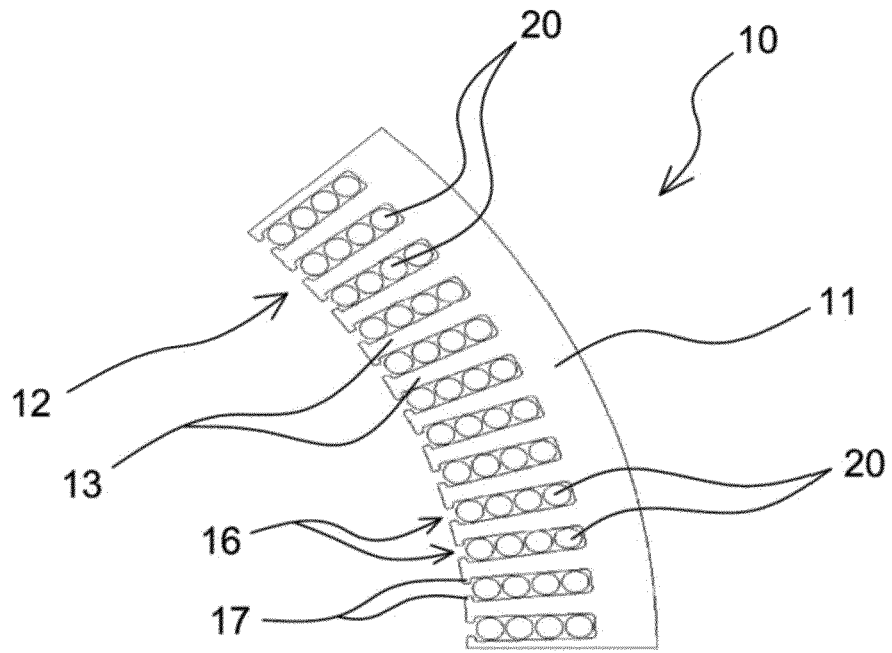
11. Stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le premier système triphasé (a, b, c) et le deuxième système triphasé (d, e, f) sont de type triangle.

5 12. Stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le troisième système triphasé (A, B, C) et le quatrième système triphasé (D, E, F) sont de type étoile.

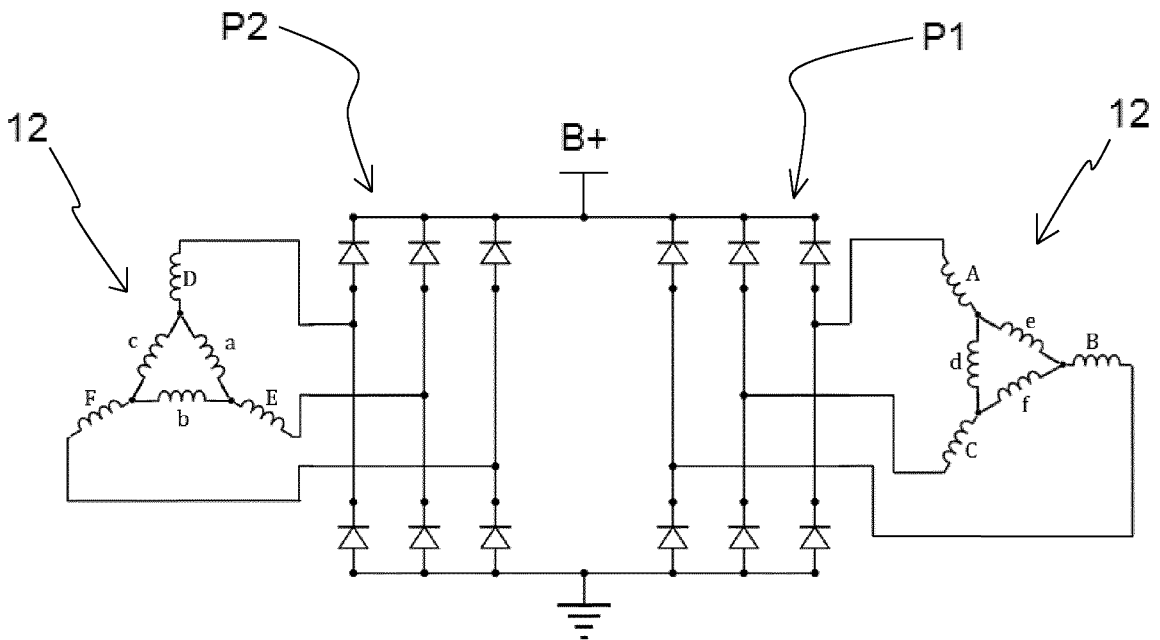
10 13. Stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'une différence d'angle électrique entre une tension d'une phase du premier système triphasé (Va, Vb, Vc) et une tension d'une phase correspondante du quatrième système triphasé (VD, VE, VF) est nulle.

15 14. Stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'une différence d'angle électrique entre une tension d'une phase du deuxième système triphasé (Vd, Ve, Vf) et une tension d'une phase correspondante du troisième système triphasé (VA, VB, VC) est nulle.

15 15. Stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que les phases du troisième système triphasé (A, B, C) et du quatrième système triphasé (D, E, F) sont situées du côté d'une ouverture des encoches (16).



**Fig.1**

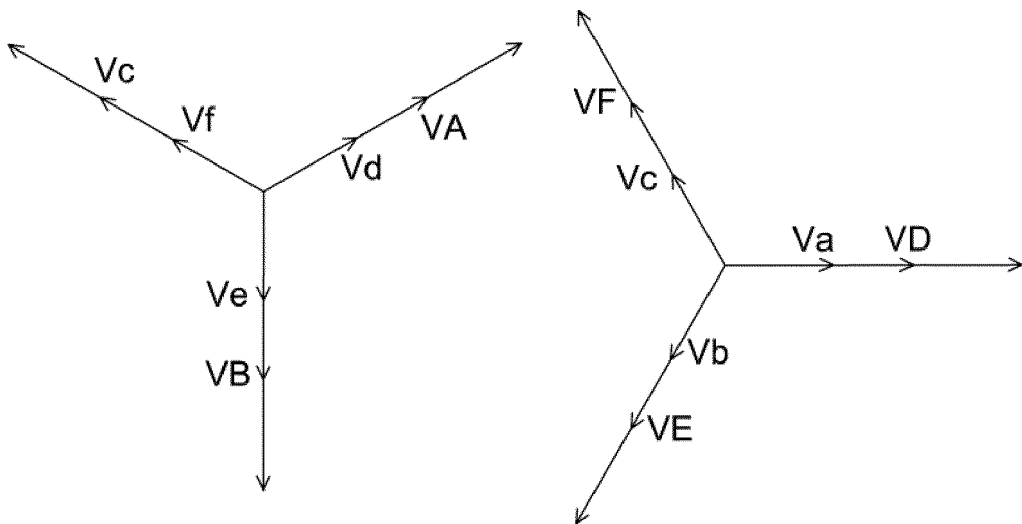


**Fig.2**

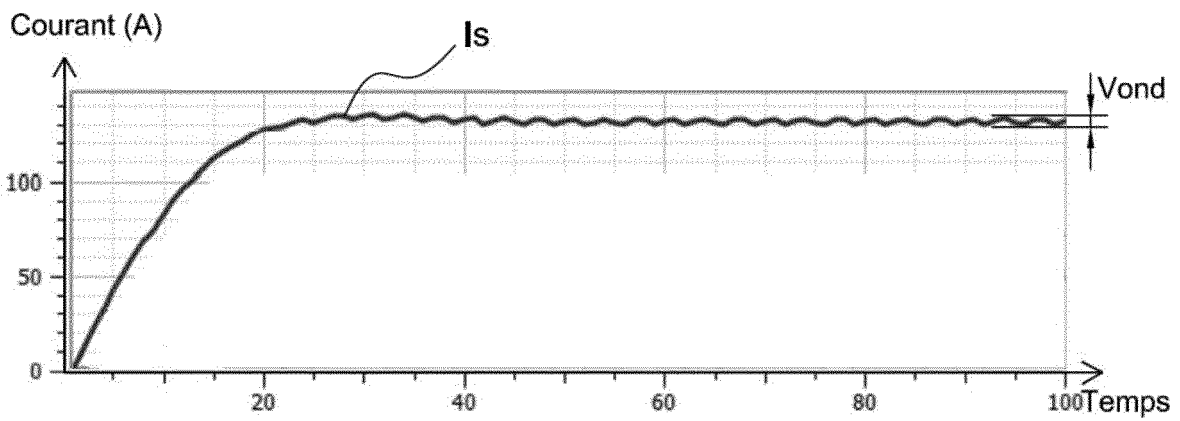
S1	S2	S5	S6	S3	S4	S1	S2	S5	S6	S3	S4	S1	S2
a	d	-c	-f	b	e	-a	-d	c	f	-b	-e	a	d
A	D	-C	-F	B	E	-A	-D	C	F	-B	-E	A	D

16

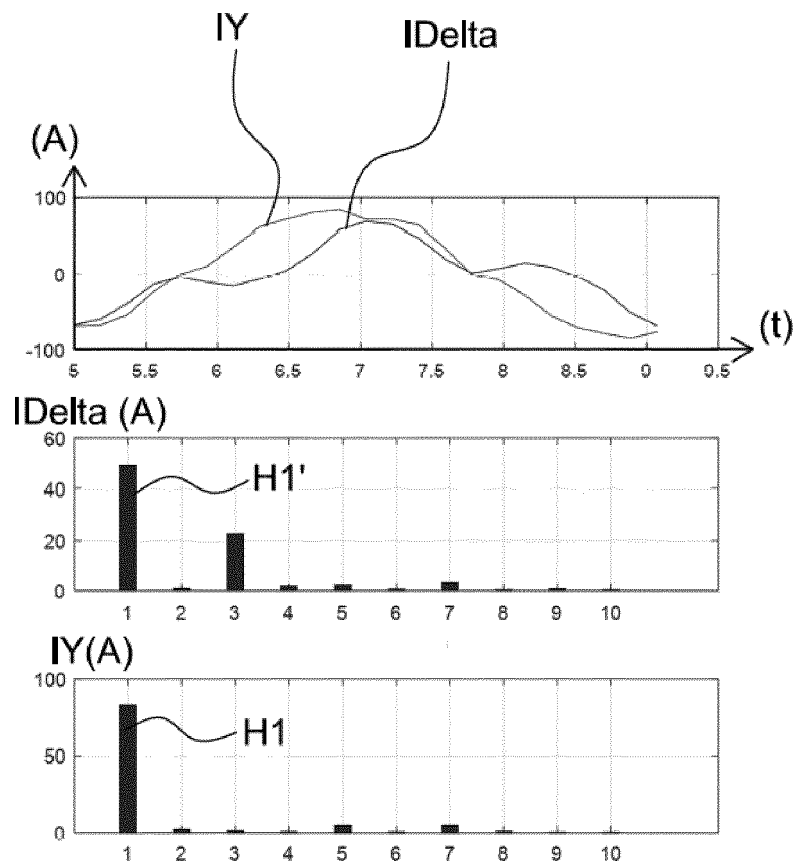
**Fig.3**



**Fig.4**



**Fig.5**



**Fig.6**

# 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 (nouveau) 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 2015/028704 A1 (OHSAWA KUNIHIRO [JP] ET AL) 29 janvier 2015 (2015-01-29)

US 2011/043069 A1 (TANAKA ASUKA [JP] ET AL) 24 février 2011 (2011-02-24)

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

WO 2005/029679 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]; TAUVRON FABRICE [FR]; GAS  
OLIVIER [FR]) 31 mars 2005 (2005-03-31)

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

NEANT