(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
15 décembre 2016 (15.12.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/198422 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H02K 19/10 (2006.01) *H02K 41/03* (2006.01)
H02K 21/44 (2006.01) *H02K 1/14* (2006.01)
H02K 21/04 (2006.01) *H02K 1/16* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/062962

(22) Date de dépôt international :
8 juin 2016 (08.06.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1555264 9 juin 2015 (09.06.2015) FR

(71) Déposants : **CNAM - CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS** [FR/FR]; 292, rue Saint-Martin, 75003 Paris (FR). **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS)** [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, 75016 Paris (FR). **ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN** [FR/FR]; 61, Avenue du Président Wilson, 94230 Cachan (FR).

(72) Inventeurs : **GAUSSENS, Benjamin**; 412 Route de la Fougarouse, 31600 Lamasquere (FR). **LECRIVAIN, Michel, Roger, René**; 13 Villa Bac, 94200 Ivry sur Seine (FR). **GABSI, Mohamed**; 46, rue de Strasbourg, 94230 Cachan (FR).

(74) Mandataire : **REGIMBEAU**; 20, rue de Chazelles, 75847 Paris Cedex 17 (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

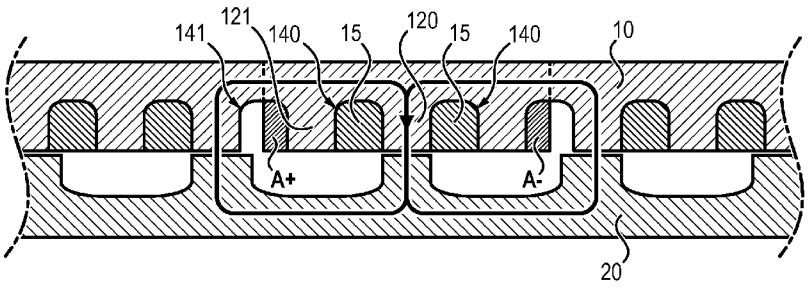
Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

(54) **Title** : ELECTRIC MACHINE WITH FLUX SWITCHING WITH SIMPLE EXCITATION

(54) **Titre** : MACHINE ELECTRIQUE A COMMUTATION DE FLUX A SIMPLE EXCITATION

FIG. 2a



(57) **Abstract** : The proposed invention is an electric machine with flux switching comprising:- a movable element (20), comprising a plurality of flux switching teeth, and - a stator (10), comprising a plurality of teeth, excitation coils (15) and armature coils, characterized in that the stator is formed of a succession of elementary cells each comprising: - three teeth, comprising a central tooth (120) and two lateral teeth (121), delimiting therebetween two central notches (140), an excitation coil being housed in the central notches and wound around the central tooth, and - two lateral half-notches (141) on either side of the lateral teeth, each half-notch housing at least in part an armature coil, in such a way that two successive elementary cells share a common lateral notch.

(57) **Abrégé** : L'invention proposée est une machine électrique à commutation de flux comprenant : - un élément mobile (20), comprenant une pluralité de dents de commutation de flux, et - un stator (10), comprenant une pluralité de dents, des bobinages d'excitation (15) et des bobinages d'induit, caractérisée en ce que le stator est formé d'une succession de cellules élémentaires comprenant

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/198422 A1

chacune : - trois dents, comprenant une dent centrale (120) et deux dents latérales (121), délimitant entre elles deux encoches centrales (140), un bobinage d'excitation étant logé dans les encoches centrales et enroulé autour de la dent centrale, et - deux demi-encoches latérales (141) de part et d'autre des dents latérales, chaque demi-encoche logeant au moins en partie un bobinage d'induit, de sorte que deux cellules élémentaires successives partagent une encoche latérale commune.

MACHINE ELECTRIQUE A COMMUTATION DE FLUX A SIMPLE EXCITATION

DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention se rapporte de manière générale aux machines électriques. Elle concerne en particulier une machine électrique à commutation de flux. L'invention concerne notamment une machine dite à simple excitation, c'est-à-dire ne comprenant qu'une seule source d'excitation magnétique, à savoir des bobinages d'excitation, la machine étant dépourvue d'aimants.

ETAT DE LA TECHNIQUE

Les machines électriques sont utilisées dans des applications variées, en particulier en tant qu'alternateurs, par exemple pour des véhicules automobiles ou pour des aéronefs.

Parmi ces machines électriques, les machines tournantes à commutation de flux comprennent un rotor et un stator, le stator portant tous les moyens électriquement ou magnétiquement actifs de la machine, c'est-à-dire tous les aimants et/ou bobines d'excitation ou bobines d'induit. Des machines linéaires analogues existent, dans lequel le rotor est remplacé par un élément mobile en translation par rapport au stator. Le rotor – ou élément mobile – est quant à lui dépourvu d'aimant ou de bobinage, et est réalisé en un matériau ferromagnétique permettant la circulation d'un champ magnétique. De ce fait les machines à commutation de flux s'affranchissent de la nécessité d'utiliser des contacts frottant (balais), elles présentent une plus grande tenue mécanique et sont plus fiables à l'utilisation. En outre le rotor d'une machine à commutation de flux s'en trouve plus simple et donc moins coûteux à produire.

On connaît par exemple une machine à commutation de flux selon le document EP 2 002 529.

Cette machine comporte un rotor, dépourvu de moyens électriques ou magnétiques actifs, et un stator. Le stator est subdivisé en un ensemble de cellules élémentaires telles que chaque cellule comprend un aimant permanent ainsi que des encoches logeant un bobinage d'induit et au moins une partie d'un bobinage d'excitation.

Cette machine a déjà rendu de grands services en ce qu'elle permet notamment de contrôler la valeur de la tension induite.

Cependant, cette machine présente la particularité d'être une machine à double excitation, c'est-à-dire qu'elle comporte à la fois des bobinages d'excitation et des aimants permanents.

Or les aimants permanents sont de nos jours très coûteux et alourdissent considérablement le coût de production d'une telle machine.

Il est donc préférable d'utiliser et de produire des machines à simple excitation dans lesquelles l'excitation est réalisée par des bobinages d'excitation, lesdites machines étant dépourvues d'aimants permanents.

Une telle machine a été proposée dans le document WO 2013/068947. Cette machine présente un stator portant uniquement des bobinages d'excitation et des bobinages d'induit. En outre, chaque bobinage d'excitation est logé dans une paire d'encoches séparées par au moins trois dents.

Ces trois dents forment entre elles deux encoches permettant de loger des bobinages d'induits. Or, pour que cette machine fonctionne il est nécessaire que les bobinages d'induits logés dans ces encoches correspondent à des phases différentes, c'est-à-dire que les bobinages d'excitation soient croisés avec chacun des bobinages d'induit.

Ce croisement des bobinages rend complexe la fabrication de la machine et rend moins compacte la disposition de chaque bobinage. De ce fait, l'encombrement total de la machine est accru. De plus, bien que ce document indique limiter le coût de production par une limitation de la quantité de cuivre nécessaire pour former les bobinages d'excitation, la rallonge de fil de cuivre nécessaire pour croiser les bobinages d'excitation avec les bobinages d'induits diminue cette économie voire engendre un surcoût pour la production de la machine.

L'excès de fil de cuivre nécessaire au croisement des bobinages est aussi à l'origine de pertes d'énergie puisque l'énergie dissipée dans les fils de cuivre est proportionnelle à la résistance des fils, qui dépend elle-même de leur longueur.

PRESENTATION DE L'INVENTION

Un des buts de l'invention est de proposer une machine électrique dont l'encombrement et le coût de production sont réduits par rapport à l'art antérieur.

En particulier, un but de l'invention est de proposer une machine électrique pouvant fonctionner sans aimant permanent, et sans croisement de bobinages.

A cet égard, l'invention a pour objet une à commutation de flux comprenant :

- un élément mobile, comprenant une pluralité de dents de commutation de flux, et
- un stator, comprenant une pluralité de dents, des bobinages d'excitation et des bobinages d'induit,

caractérisée en ce que le stator est formé d'une succession de cellules élémentaires comprenant chacune :

- trois dents, comprenant une dent centrale et deux dents latérales, délimitant entre elles deux encoches centrales, un bobinage d'excitation étant logé dans les encoches centrales et enroulé autour de la dent centrale, et
- deux demi-encoches latérales de part et d'autre des dents latérales, chaque demi-encoche logeant au moins en partie un bobinage d'induit, de sorte que deux cellules élémentaires successives partagent une encoche latérale commune.

- Avantageusement, mais facultativement, la machine selon l'invention peut en outre comprendre au moins l'une des caractéristiques suivantes : dans laquelle la dent centrale d'une cellule élémentaire du stator peut comprendre un sommet présentant une ouverture angulaire θ_c comprise entre 0.6*θ et 0.75*θ, où θ est l'ouverture angulaire de l'écart moyen entre deux dents consécutive du stator, défini par

$$\vartheta = \frac{2\pi}{N},$$

où N est le nombre de dents du stator.

- chaque dent latérale d'une cellule élémentaire du stator peut comprendre un sommet présentant une ouverture angulaire θ_l comprise entre 0.4*θ et 0.7*θ, où θ est l'ouverture angulaire de l'écart moyen entre deux dents consécutive du stator, défini par

$$\vartheta = \frac{2\pi}{N},$$

où N est le nombre de dents du stator.

- les dents latérales d'une cellule élémentaire du stator peuvent être distantes de la dent centrale d'un écart compris entre θ et 1.15*θ, où θ est l'ouverture

angulaire de l'écart moyen entre deux dents consécutives du stator, défini par

$$\vartheta = \frac{2\pi}{N},$$

où N est le nombre de dents du stator.

- les dents d'une cellule élémentaire du stator peuvent présenter une largeur à leur base supérieure à la largeur à leur sommet.
- les bobinages d'induit peuvent être répartis en un nombre Q de phases d'induit supérieur ou égal à 1, et le stator comprend un nombre N de dents tel que

$$N = 3nQ$$

Où n est le nombre, supérieur ou égal à 1, de bobinages par phase d'induit.

- Selon un mode de réalisation, la machine étant de type machine tournante et l'élément mobile étant un rotor, N est pair et le nombre de dents du rotor est pair.
- chaque bobinage d'induit peut être reçu dans les deux encoches latérales d'une cellule élémentaire et enroulé autour des trois dents de la cellule.
- les bobinages d'induit peuvent être disposés de manière à ce qu'il n'y ait aucun croisement entre eux.
- chaque cellule élémentaire peut comprendre un bobinage d'induit enroulé autour de ses trois dents et les bobinages d'induit peuvent être répartis en trois phases A, B, et C disposées de sorte que :
    - les bobinages d'une même phase soient enroulés autour des dents de cellules adjacentes, ou
    - les bobinages de trois cellules consécutives correspondent tous à une phase différentes.
- les encoches latérales d'au moins une cellule élémentaire peuvent loger des parties de bobinages d'induit différents.
- chaque cellule élémentaire du stator peut comprendre en outre au moins un aimant permanent.
- chaque cellule élémentaire peut comprendre un aimant permanent logé dans la dent centrale ou deux aimants permanents reçus respectivement dans les encoches centrales.

- Dans un mode de réalisation, la machine comprend un empilement axial de stators et d'éléments mobiles, et seule une fraction de la longueur statorique comporte des aimants permanents.

La machine électrique proposée comporte une succession de cellules élémentaires comprenant trois dents délimitant deux encoches centrales dans lesquelles un bobinage d'excitation est logé, et des encoches latérales pouvant loger au moins une partie d'au moins un bobinage d'induit.

Cette machine est une machine à commutation de flux dans laquelle le rotor ou l'élément mobile est dépourvu d'éléments électriquement ou magnétiquement actifs tels que des aimants permanents ou des bobinages. De plus, le stator peut également être dépourvu d'aimants permanents, de sorte que la machine peut fonctionner avec pour seule excitation des bobinages d'excitation. Le coût de production de cette machine est donc réduit par rapport à une machine comprenant des aimants permanents.

De plus, la configuration des cellules permet notamment une configuration dans laquelle les encoches latérales d'une cellule logent un bobinage d'induit entourant le bobinage d'excitation.

Ce type de configuration présente un encombrement et un coût réduits du fait de l'absence de croisement entre le bobinage d'excitation et le ou les bobinages d'induits. La machine est également plus simple à produire et plus efficace car les longueurs de bobinage nécessaires sont réduites par rapport à des bobinages croisés.

Il a également été découvert, en réduisant la largeur des dents latérales par rapport à celle de la dent centrale d'une cellule élémentaire, les performances de la machine sont améliorées car le couple produit par la machine est lissé dans le temps (réduction des ondulations de couple).

Enfin, dans le cas où cette machine est du type machine tournante, elle permet avantageusement des configurations dans lesquelles le nombre de dents du rotor et le nombre de bobinages d'induit par phase est pair, ce qui permet un équilibrage des forces magnétiques en jeu sur la circonférence de la machine et évite un balourd magnétique qui dégraderait les performances et/ou la durée de vie de la machine.

DESCRIPTION DES FIGURES

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- La figure 1 représente schématiquement une machine selon un mode de réalisation de l'invention,
- Les figures 2a et 2b illustrent une cellule élémentaire d'une machine selon un mode de réalisation de l'invention et le passage du flux dans cette cellule selon deux positions relatives des dents du rotor par rapport à la cellule,
- Les figures 3a et 3b représentent la distribution des lignes de champ dans une machine selon deux positions relatives du rotor et du stator,
- Les figures 4a à 4e représentent des configurations possibles des bobinages d'induits dans une machine selon un mode de réalisation de l'invention,
- La figure 5a représente des conventions de notation concernant la géométrie des dents du stator
- Les figures 5b à 5d représentent des variantes de réalisation de dents du stator,
- La figure 6 représente les performances obtenues par différentes machines dont celles des figures 4a à 4e.
- Les figures 7a à 7e représentent des variantes de réalisation d'une machine comprenant des aimants permanents.
- Les figures 8a et 8b représentent respectivement des tôles de rotor et de stator d'un prototype de machine.

DESCRIPTION DETAILLEE D'AU MOINS UN MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

Structure de la machine

En référence à la figure 1, on a représenté schématiquement une machine 1 électrique à commutation de flux selon un mode de réalisation de l'invention.

La machine représentée sur la figure 1 est une machine tournante comportant un stator 10 et un rotor 20. Le stator et le rotor s'étendent coaxialement l'un autour de l'autre. Le stator 10 est fixe et le rotor 20 est mobile en rotation autour de l'axe commun du stator et du rotor.

Sur la figure 1, le stator 10 s'étend autour du rotor 20. Cependant l'inverse peut également être mis en œuvre, dans lequel le rotor s'étend autour du stator.

De plus, la machine 1 pourrait être également une machine linéaire dans lequel le stator 10 s'étend de manière rectiligne et le rotor 20 est remplacé par un élément mobile en translation par rapport au stator. Ce cas est représenté sur les figures 2a et 2b.

Dans la suite, on utilise la terminologie générale d'élément mobile pour désigner la partie mobile d'une machine, qu'elle soit linéaire ou tournante. L'élément mobile peut donc également désigner un rotor.

L'élément mobile 20 est dépourvu de tout moyen électrique ou magnétique actif, et en particulier il est dépourvu de tout bobinage et de tout aimant. Le rotor est réalisé dans un matériau ferromagnétique adapté pour autoriser la circulation d'un champ magnétique. A titre d'exemple non limitatif, l'élément mobile 20 peut être réalisé en alliage fer-Silicium ou Fer-Cobalt ou en acier.

L'élément mobile 20 comprend une base, par exemple en forme de couronne 21 dans le cas où il s'agit du rotor d'une machine tournante et un ensemble de dents 22 s'étendant depuis la base 21 vers le stator.

Dans le cas d'une machine tournante, les dents 22 s'étendent sensiblement radialement depuis la couronne 21. Si comme dans la figure 1 le rotor est à l'intérieur du stator, les dents 22 s'étendent radialement vers l'extérieur par rapport à la couronne.

Le stator 10 est également réalisé dans un matériau ferromagnétique, par exemple en fer ou en acier. Il comprend une base, par exemple en forme de couronne 11 dans le cas d'une machine tournante et une pluralité de dents 12 s'étendant depuis la base 11 vers l'élément mobile 20, les dents 12 étant séparées par des encoches 14.

Le stator 10 est organisé en une succession de cellules élémentaires 13, chaque cellule coopérant avec une ou plusieurs dents de l'élément mobile 20 pour former avec celui-ci une boucle de champ magnétique de sens variable en fonction du déplacement de l'élément mobile. De préférence, ce résultat est atteint lorsque l'écart entre deux dents successives du de l'élément mobile correspond à l'écart entre deux dents du stator espacées par une troisième dent.

En référence aux figures 2a et 2b, sur lesquelles une machine électrique de type linéaire est représentée, chaque cellule élémentaire 13 comporte trois dents 12

successives, dont une dent centrale 120 et deux dents latérales 121 situées de part et d'autre de la dent centrale 120.

Chaque cellule élémentaire 13 comporte également deux encoches centrales 140, qui sont les espaces formés entre la dent centrale 120 et chacune des deux dents latérales 121 ; et deux demi-encoches latérales 141 s'étendant de part et d'autre des dents latérales 121.

On comprend que les demi-encoches latérales 141 de deux cellules élémentaires 13 adjacentes se rejoignent pour former une encoche 14 commune entre deux dents successives du stator 10, et donc que deux cellules successives partagent une encoche commune.

Le stator 10 comprend également une source d'excitation magnétique, sous la forme de bobinages d'excitation 15.

Le stator 10 comprend une pluralité de bobinages d'excitation 15, en nombre égal au nombre de cellules élémentaires, chaque cellule élémentaire 13 comprenant un bobinage d'excitation 15 enroulé dans les encoches centrales 140 de manière à entourer la dent centrale 120, comme visible sur les figures 2a et 2b.

Selon un mode de réalisation préféré, les bobinages d'excitation 15 du stator sont la seule source d'excitation magnétique de la machine 1. En particulier, le stator ne comprend dans ce cas aucun aimant permanent. Comme on l'a vu précédemment, le rotor – ou élément mobile – ne comprend pas de source d'excitation magnétique : ni bobinage d'excitation, ni aimant permanent. La machine 1 est donc une machine à commutation de flux dite à simple excitation.

En variante, on peut néanmoins désirer que la machine 1 soit à double excitation et comprennent des aimants permanents, pour assurer à la machine une force électromotrice même sans courant d'excitation.

Dans ce cas, en référence aux figures 7a à 7e, le stator 10 peut comprendre des aimants permanents 17.

Selon un premier mode de réalisation représenté sur les figures 7a et 7b, chaque aimant 17 est logé dans une dent centrale 120 d'une cellule élémentaire 13, soit dans une cavité prévue à cet effet comme sur la figure 7a, soit au sommet de la dent centrale 120 comme sur la figure 7b. Dans ce dernier cas la dent centrale 120 est tronquée pour que la hauteur cumulée de la dent centrale 120 et de l'aimant 17 par rapport à la base soit strictement inférieure à la distance entre la base et une

dent opposée de l'élément mobile. Ainsi il subsiste un entrefer entre une dent de l'élément mobile 22 et la dent 120 surmontée de l'aimant 17 du stator.

Sur la figure 7a, la machine est linéaire, et sur la figure 7b, elle est rotative. Bien entendu, cela est non limitatif et le type linéaire ou rotatif de la machine peut être combiné avec n'importe quelle implémentation d'aimant permanent.

Selon un mode de réalisation alternatif représenté sur les figures 7c et 7d, chaque cellule élémentaire 13 peut recevoir deux aimants permanents 17 logés dans les encoches centrales 140 de la cellule.

Ainsi chaque encoche centrale 140 reçoit une portion d'un bobinage d'excitation 15 et un aimant 17. Sur les figures 7c et 7d, la portion du bobinage d'excitation 15 reçue dans une encoche 140 est disposé contre le fond de l'encoche, de sorte à être interposée entre la base 10 du stator et l'aimant 17.

En variante, l'aimant permanent 17 pourrait être positionné entre le fond de l'encoche 140 et le bobinage d'excitation 15.

En référence à la figure 7e, les machines électriques, qu'elles soient tournantes ou linéaires, peuvent être formées par des empilements de stators 10 et d'éléments mobiles 20.

Dans le cas d'une machine tournante, l'empilement est réalisé dans l'axe de rotation du rotor 20. Dans le cas d'une machine linéaire, l'empilement est réalisé selon un axe orthogonal à un axe de déplacement de l'élément mobile.

Dans le cas où la machine 1 est réalisée selon ce type d'empilement et comprend des aimants 17, il est avantageux que les aimants 17 ne se trouvent que sur les stators 10 situés aux extrémités de l'empilement.

Par exemple, si la machine présente une longueur L dans la direction de l'empilement, les stators pourvus d'aimants sont avantageusement ceux compris entre 0 et 20% de L d'une part et entre 80 et 100% de L d'autre part, de préférence compris entre 0 et 10% de L d'une part, et entre 90 et 100% de L d'autre part.

Ainsi, comme les aimants permanents 17 génèrent un champ magnétique qui perturbe le champ généré par les bobinages d'excitation 15, le fait de cantonner ces aimants aux extrémités de la machine permet de limiter les perturbations, tout en limitant le nombre d'aimants et donc le coût de la machine.

De retour aux figures 2a et 2b, le stator 10 comprend une pluralité de bobinages d'induit 16. Comme décrit plus en détails ci-après, les bobinages d'induit

16 peuvent être répartis en une ou plusieurs phases, selon que la machine 1 soit monophasée ou polyphasée.

De préférence, mais non limitativement, dans le cas où la machine est une machine tournante, les bobinages d'induit sont répartis en un nombre de phases Q supérieur ou égal à 1, et le stator 10 comprend un nombre N de dents 12 tel que

$$N = 3nQ$$

Où n est le nombre, supérieur ou égal à 1, de bobinages par phase d'induit.

Avantageusement, N est pair et le nombre de dents 22 du rotor est pair également.

Ceci permet, comme on le voit en particulier sur les figures 3a et 3b, d'obtenir un champ magnétique symétrique dans la machine quelle que soit la position relative du rotor par rapport au stator.

On évite donc une concentration asymétrique de champ magnétique qui induirait un phénomène de balourd magnétique analogue à un phénomène de balourd mécanique sur un objet tournant dont la masse n'est pas répartie de manière homogène.

Sur l'exemple des figures 1, 3a à 4e et 5b à 5d, le rotor comprend 10 dents, et le stator comporte 6 cellules élémentaires comprenant trois dents chacune, soit 18 dents. Le rotor comprend un bobinage d'excitation 15 par cellule, soit 6 bobinages.

Le nombre de phases est avantageusement supérieur ou égal à 3, voire supérieur ou égal à 5, si cela est permis par le nombre de dents du stator. Sur les figures 4a à 4e, le nombre de phases est égal à 3, avec dans les figures 4a et 4b un seul bobinage par phase (bobinage dit à simple couche), soit trois bobinages d'induit au total, et dans les figures 4c à 4e, 2 bobinages d'induit par phase (bobinage dit à double couche), soit 6 bobinages d'induit au total.

L'ensemble des bobinages d'induit et d'excitation 15, 16 est réalisé en un matériau électriquement conducteur, de préférence en cuivre ou un alliage à base de cuivre.

Chaque demi-encoche latérale 141 d'une cellule élémentaire 13 loge une partie d'au moins un bobinage d'induit 16.

Comme, pour une cellule élémentaire donnée, un bobinage d'excitation est enroulé autour de la dent centrale et les bobinages d'induit sont reçus dans les

demi-encoches latérales, il n'y a pas de croisement entre le bobinage d'excitation et les bobinages d'induit, ce qui facilite la fabrication de la machine, et diminue son encombrement et la quantité de matériel nécessaire pour la réalisation des bobinages.

Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux conforme à l'exemple représenté en figures 2a et 2b, chaque bobinage d'induit 16 est enroulé dans les demi-encoches latérales 141 d'une cellule élémentaire 13, autour des dents latérales 121, de manière à entourer également le bobinage d'excitation 15 se trouvant dans les encoches centrales sans entourer de dent d'une cellule voisine.

Ce mode permet d'éviter tout croisement entre les bobinages, y compris entre les bobinages d'induit, et donc de simplifier encore la fabrication de la machine 1, de limiter l'encombrement de la machine, et de réduire encore le coût en diminuant la longueur des bobinages nécessaires.

D'autres exemples de configuration sont détaillés ci-après en référence aux figures 4a à 4e.

Fonctionnement de la machine

Le fonctionnement de la machine 1 décrite ci-avant est expliqué en référence aux figures 2a et 2b ainsi qu'aux figures 3a et 3b, illustrant les lignes de champ dans la machine 1 en fonction des différentes positions relatives du rotor ou élément mobile 20 et du stator 10. Ce fonctionnement est identique, que la machine soit linéaire ou tournante.

Le déplacement relatif (rotatif ou translatif), de l'élément mobile ou rotor 20 par rapport au stator 10 implique que chaque cellule élémentaire 13 « voit » successivement l'alternance des deux configurations suivantes :

- Dans une première configuration visible sur les figures 2a et 3a (la forme du champ magnétique étant indiquée pour la cellule élémentaire concernée), une dent 22 de l'élément mobile 20 se trouve en regard de la dent centrale 120 d'une cellule élémentaire 13 du stator. Une boucle de champ magnétique se forme alors, passant successivement :
    - dans la dent centrale 120 d'une cellule élémentaire 13 du stator,
    - dans la dent 22 de l'élément mobile en regard de celle-ci,
    - puis dans la couronne ou base 11 du stator,

- puis de retour dans l'élément mobile 20 par les deux dents 22 de celui-ci adjacentes à la première, et par deux dents latérales 121 de cellules élémentaires du stator se trouvant de part et d'autre de la première,
- et enfin de retour dans la dent centrale 120 de la première cellule élémentaire 13 via la couronne ou base 11 du stator.

- Dans une seconde configuration représentée sur les figures 2b et 3b, deux dents 22 de l'élément mobile 20 se trouvent en regard des deux dents latérales 121 de la cellule élémentaire du stator. Deux boucles de champ magnétiques se forment alors, passant successivement :
  - Depuis une dent du stator 22, dans une dent latérale 121 de la cellule se trouvant en regard,
  - Dans la couronne ou base 11 du stator,
  - Dans la dent centrale 120 des cellules élémentaires 13 se trouvant de part et d'autre de la première,
  - Dans les dents de l'élément mobile se trouvant en regard,
  - Puis de retour dans la dent du stator se trouvant en regard de la première cellule élémentaire via la base 21 de l'élément mobile 20.

De cette manière, lorsqu'un courant électrique constant passe dans les bobinages d'excitation et que l'élément mobile est entrainé en mouvement par rapport au stator, chaque bobinage d'induit est soumis à un champ magnétique alternatif, induisant une tension alternative dans ledit bobinage d'induit.

Dispositions des bobinages de phases

Comme indiqué ci-avant, plusieurs configurations de bobinages d'induits dans les encoches latérales 141 peuvent être envisagées pour un même nombre de phases.

Sur les illustrations des différentes configurations dans les figures 4a à 4e, l'exemple non limitatif de machine tournante 1 représentée comporte 6 cellules élémentaires et trois phases A, B, et C d'induit (Q=3 d'après la notation qui précède). Les mêmes configurations peuvent être transposées au cas d'une machine linéaire.

En premier lieu, le bobinage d'induit peut être dit « à simple couche », c'est-à-dire que chaque encoche commune formée de deux demi-encoches 141 latérales adjacentes ne reçoit qu'un seul bobinage d'induit 16.

Dans le cas du bobinage à simple couche, les bobinages d'induit sont de préférence agencés de manière à ce qu'il n'y ait aucun croisement de bobinage. Dans ce cas, le stator comprend en alternance :

- Une cellule élémentaire 13 dans laquelle un bobinage d'induit est enroulé autour de ses trois dents et autour d'un bobinage d'excitation, et
- Une cellule élémentaire 13* dans laquelle seul un bobinage d'excitation est enroulé autour de la dent centrale.

Ce cas est représenté dans l'exemple non limitatif de la figure 4a qui compte trois cellules élémentaires 13* et trois cellules élémentaires 13 comprenant chacune un bobinage correspondant respectivement à chacune des phases A, B et C.

Alternativement, les bobinages d'induit peuvent aussi être agencés de manière à autoriser un croisement de bobinage. Dans ce cas, la machine 1 peut comprendre un ou plusieurs bobinages d'induit 15 enroulé(s) chacun autour des trois dents d'une seule cellule élémentaire, et un ou plusieurs bobinages d'induit 15 enroulé autour de deux ou plusieurs cellules élémentaires adjacentes.

Ce cas est représenté dans l'exemple non limitatif de la figure 4b, dans lequel la machine comprend toujours 6 cellules élémentaires. Une cellule élémentaire comprend un bobinage d'induit de phase A enroulé autour de ses trois dents 12, et les bobinages d'induits des phases B et C sont croisés en étant chacun enroulés autour des dents formant deux cellules élémentaires 13 successives. Il subsiste deux cellules 13* dans lesquelles le bobinage d'excitation n'est pas entouré de bobinage d'induit.

En second lieu, le bobinage d'induit peut être dit « à double couche ». Dans ce cas, une encoche latérale formée de deux demi-encoches adjacentes peut recevoir une partie de deux bobinages d'induit différents.

Les deux bobinages d'induit peuvent être agencés de différentes manières dans l'encoche.

Selon un premier mode de réalisation, l'encoche peut être « divisée » par un axe médian s'étendant à égale distance des dents bordant l'encoche, de sorte que

chaque demi-encoche latérale 141 d'une cellule élémentaire 13 reçoit une partie d'un bobinage respectif. C'est le cas représenté sur les figures 4c à 4e.

Alternativement, l'encoche pourrait également être « divisée » par un axe orthogonal à l'axe médian indiqué ci-avant, s'étendant entre les dents bordant l'encoche. Cet axe définit une première portion de l'encoche, commune aux deux demi-encoches, située par exemple dans le fond de l'encoche, et qui reçoit une partie d'un premier bobinage, et une deuxième portion de l'encoche, située entre le premier bobinage et le bord de l'encoche, et qui reçoit l'autre bobinage.

Dans ce cas, on prévoit également, de préférence, que les bobinages d'induit soient agencés de sorte qu'il n'y ait aucun croisement de bobinage.

La répartition des bobinages varie alors en fonction du nombre de phases et de leur disposition.

Par exemple, on peut choisir de répartir les bobinages d'induit de sorte que les bobinages d'une même phase soient tous enroulés autour de cellules élémentaires adjacentes. Par exemple, sur la figure 4d, la machine 1 comporte deux bobinages par phase d'induit, et chaque bobinage d'induit est enroulé autour des dents d'une cellule élémentaire, les deux bobinages de chaque phase étant enroulés autour de deux cellules adjacentes. On constate que dans cette configuration dans laquelle les bobinages de chaque phase sont enroulés autour de cellules élémentaires respectives adjacentes, la machine ne comprend aucun croisement de bobinage.

Alternativement on peut choisir d'alterner les bobinages d'induit des différentes phases de sorte que n cellules successives du stator comprennent des bobinages de n phases d'induit différentes.

Par exemple sur la figure 4e, chaque cellule élémentaire comprend un bobinage d'induit enroulé autour de ses trois dents, et les bobinages d'induit de trois cellules consécutives appartiennent aux trois phases A, B et C.

La figure 4c représente un autre exemple de configuration dans laquelle les bobinages d'une phase sont regroupés pour entourer les dents de cellules adjacentes (phase A) et les bobinages des autres phases sont séparés pour entourer alternativement les dents de cellules adjacentes (phases B et C).

En variante non illustrée, les bobinages d'induit peuvent également être répartis de manière à se croiser.

Disposition des dents du stator

De préférence, toutes les dents centrales du stator présentent la même forme et les mêmes dimensions, et toutes les dents latérales présentent également la même forme et les mêmes dimensions.

Cependant, les dents centrales peuvent être différentes des dents latérales.

En référence à la figure 5a on a représenté les conventions de notation concernant la géométrie des dents du stator.

On note $\vartheta = \frac{2\pi}{N}$ l'ouverture angulaire de l'écart moyen entre les dents du stator, N étant le nombre de dents du stator.

Les dents 120 formant les dents centrales des cellules élémentaires peuvent présenter une largeur différente de celles formant les dents latérales 121.

On définit θ_c l'ouverture angulaire des dents centrales 120 de cellules élémentaires du stator.

Les dents 120 peuvent présenter une largeur (mesurée dans la direction tangentielle par rapport à l'axe du stator) constante.

En variante, les dents du stator peuvent présenter une forme trapézoïdale, en présentant de préférence une largeur à leur base 122 supérieure à la largeur à leur sommet 123. On note sommet 123 le côté de la dent en regard des dents du rotor, et base 122 le côté opposé, par lequel la dent s'étend depuis la couronne 11 du stator.

Cette forme peut être avantageuse pour diminuer la concentration de flux magnétique à la base de la dent afin d'éviter au matériau ferromagnétique de saturer.

Dans tous les cas, l'ouverture angulaire θ_c des dents centrales est définie au sommet 123 de la dent.

Dans le cas où la machine est de type linéaire, l'ouverture angulaire est remplacée par la largeur de la dent au niveau de son sommet.

On note :

$$\vartheta_c = \beta_c \vartheta$$

Où β_c est un paramètre caractérisant l'ouverture de la dent, choisi compris de préférence entre 0,5 et 0,8, avantageusement entre 0.6 et 0.75.

Avantageusement, mais facultativement, les dents 22 du rotor présentent une largeur égale à la largeur des dents centrales 120.

On définit également θ_l l'ouverture angulaire des dents latérales 121 de cellules élémentaires du stator. Comme précédemment, cette ouverture est définie pour le sommet 123 d'une dent. Comme précédemment, dans le cas d'une machine linéaire, l'ouverture angulaire est remplacée par la largeur de la dent au niveau de son sommet.

On note :

$$\vartheta_l = \beta_l \vartheta$$

Où β_l est un paramètre caractérisant l'ouverture de la dent latérale, choisi de préférence inférieur à βc, par exemple, β_l peut être compris entre 0.4 et 0.7.

Pour illustrer l'impact de la valeur de ces paramètres sur la géométrie des dents, on a représenté à titre illustratif sur les figures 5b et 5c deux configurations du stator, dans lesquelles respectivement $\beta_l = \beta_c = 0.5$, et $\beta_l = 0.52$, et $\beta_c = 0.5$.

De plus, β_l est de préférence choisi inférieur à β_c pour que les dents latérales soient plus étroites que la dent centrale pour une même cellule.

Comme on l'a vu en référence aux figures 2a et 2b, la dent centrale et les dents latérales forment alternativement le passage du flux magnétique. Le fait d'augmenter la largeur relative de la dent centrale par rapport aux dents latérales permet d'équilibrer les sections pour le passage du flux magnétique.

De plus, cela permet également de réduire des ondulations du couple généré lors du fonctionnement de la machine.

De retour à la figure 5a, on définit également le paramètre α traduisant un écartement des positions relatives des dents latérales 121 et de la dent centrale d'une cellule par rapport à l'écart moyen entre deux dents du stator 10.

L'écart moyen présente une ouverture angulaire θ déjà définie ci-avant.

L'écart entre une dent latérale 121 et la dent centrale 120 d'une même cellule est avantageusement égale à $\theta(1+\alpha)$, où α est de préférence compris entre 0 et 0.15.

Pour illustrer l'impact de la valeur de α sur la disposition des dents du stator, on a représenté sur la figure 5d un exemple dans lequel $\alpha = 0.3$ avec $\beta_l = 0.2$, et $\beta_c = 0.5$

Le fait d'écarter les dents latérales par rapport à la dent centrale permet également de réduire les ondulations de couple et donc de lisser le couple généré par la machine.

La machine proposée est plus économique que les machines de l'art antérieur puisqu'elle ne comporte pas d'aimant permanent et qu'elle permet de répartir les bobinages sans aucun croisement. Elle est également moins volumineuse et plus simple à fabriquer.

Pour autant, comme visible sur la figure 6, elle présente également de bonnes performances puisque le couple moyen théorique obtenu grâce à cette machine est supérieur à celui fourni par une machine de l'art antérieur à simple excitation, et dans certains cas à une machine à double excitation, c'est-à-dire munie d'aimants.

Les courbes représentées sur cette figure correspondent aux variantes de bobinages illustrées sur les figures 4a à 4e :

- La courbe « bobinage ABC-SC » correspond au bobinage simple couche sans croisement de la figure 4a,
- La courbe « bobinage ABC chevauchement SC » correspond au bobinage simple couche avec croisement de la figure 4b,
- La courbe « bobinage AABCBC » correspond au bobinage double couche de la figure 4c,
- La courbe « bobinage AABBCC » correspond au bobinage de la figure 4d, et
- La courbe « bobinage ABCABC » correspond au bobinage de la figure 4e.

Ces performances théoriques ont été validées par un prototype expérimental dont les tôles de rotor et de stator sont représentées respectivement sur les figures 8a et 8b. Le diamètre externe du stator est de 140 mm et la machine est sous forme d'un empilement comme dans la figure 7e, dont la longueur de la machine dans le sens axial est de 35 mm.

Ce prototype a permis l'obtention d'un couple moyen de 8.1 Nm, contre une valeur théorique de 8.5 Nm, pour une densité de courant d'excitation de 15A/mm².

REVENDICATIONS

1. Machine électrique (1) à commutation de flux comprenant :

- un élément mobile (20), comprenant une pluralité de dents (22) de commutation de flux, et
- un stator (21), comprenant une pluralité de dents (12), des bobinages d'excitation (15) et des bobinages d'induit (16),

caractérisée en ce que le stator est formé d'une succession de cellules élémentaires (13) comprenant chacune :

- trois dents (12), comprenant une dent centrale (120) et deux dents latérales (121), délimitant entre elles deux encoches centrales (140), un bobinage d'excitation (15) étant logé dans les encoches centrales (140) et enroulé autour de la dent centrale (120), et
- deux demi-encoches latérales (141) de part et d'autre des dents latérales (121), chaque demi-encoche logeant au moins en partie un bobinage d'induit (16), de sorte que deux cellules élémentaires successives partagent une encoche latérale commune.

2. Machine électrique (1) à commutation de flux selon la revendication 1, dans laquelle la dent centrale (120) d'une cellule élémentaire (13) du stator (10) comprend un sommet (123) présentant une ouverture angulaire (θ_c) comprise entre 0.6*θ et 0.75*θ, où θ est l'ouverture angulaire de l'écart moyen entre deux dents consécutive du stator, défini par

$$\vartheta = \frac{2\pi}{N},$$

où N est le nombre de dents du stator.

3. Machine électrique (1) à commutation de flux selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle chaque dent latérale (121) d'une cellule élémentaire du stator (10) comprend un sommet (123) présentant une ouverture angulaire (θ_l) comprise entre 0.4*θ et 0.7*θ, où θ est l'ouverture angulaire de l'écart moyen entre deux dents consécutive du stator, défini par

$$\vartheta = \frac{2\pi}{N},$$

où N est le nombre de dents du stator.

4. Machine électrique (1) à commutation de flux selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les dents latérales (121) d'une cellule élémentaire (13) du stator sont distantes de la dent centrale (120) d'un écart compris entre θ et 1.15*θ, où θ est l'ouverture angulaire de l'écart moyen entre deux dents consécutives du stator, défini par

$$\vartheta = \frac{2\pi}{N},$$

où N est le nombre de dents du stator.

5. Machine électrique (1) à commutation de flux selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les dents (12) d'une cellule élémentaire (13) du stator (10) présentent une largeur à leur base (122) supérieure à la largeur à leur sommet (123).

6. Machine électrique (1) à commutation de flux selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les bobinages d'induit (15) sont répartis en un nombre Q de phases d'induit supérieur ou égal à 1, et le stator comprend un nombre N de dents tel que

$$N = 3nQ$$

Où n est le nombre, supérieur ou égal à 1, de bobinages par phase d'induit.

7. Machine électrique (1) selon la revendication 6, la machine étant de type machine tournante et l'élément mobile étant un rotor, caractérisée en ce que N est pair et le nombre de dents (22) du rotor (20) est pair.

8. Machine électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle chaque bobinage d'induit (16) est reçu dans les deux encoches latérales (141) d'une cellule élémentaire (13) et enroulé autour des trois dents (12) de la cellule (13).

9. Machine électrique (1) à commutation de flux selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les bobinages d'induit (16) sont disposés de manière à ce qu'il n'y ait aucun croisement entre eux.

10. Machine électrique (1) à commutation de flux selon la revendication 6 en combinaison avec l'une des revendications 8 ou 9, dans laquelle chaque cellule élémentaire (13) comprend un bobinage d'induit (16) enroulé autour de ses trois dents (12) et les bobinages d'induit (16) sont répartis en trois phases A, B, et C disposées de sorte que :

- les bobinages d'une même phase soient enroulés autour des dents de cellules adjacentes, ou
- les bobinages de trois cellules consécutives correspondent tous à une phase différentes.

11. Machine électrique (1) à commutation de flux selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel les encoches latérales (141) d'au moins une cellule élémentaire (13) logent des parties de bobinages d'induit (16) différents.

12. Machine électrique (1) à commutation de flux selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque cellule élémentaire (13) du stator (10) comprend en outre au moins un aimant permanent (17).

13. Machine électrique (1) selon la revendication 12, dans lequel chaque cellule élémentaire comprend un aimant permanent (17) logé dans la dent centrale (120) ou deux aimants permanents (17) reçu respectivement dans les encoches centrales (140).

14. Machine électrique (1) selon l'une des revendications 12 ou 13, ladite machine comprenant un empilement axial de stators (10) et d'éléments mobiles (20), dans laquelle seule une fraction de la longueur statorique (L) comporte des aimants permanents.

FIG. 1

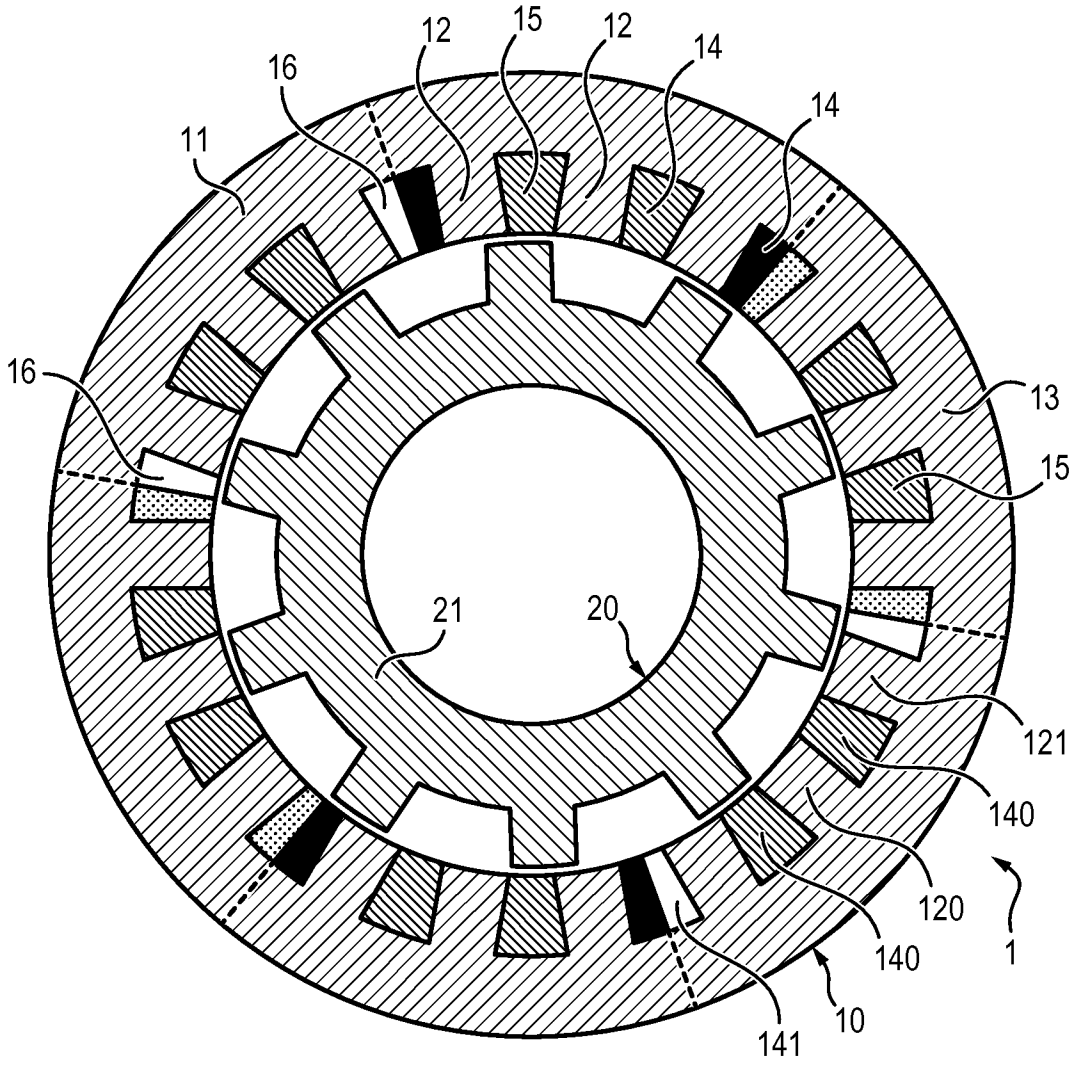


FIG. 2a

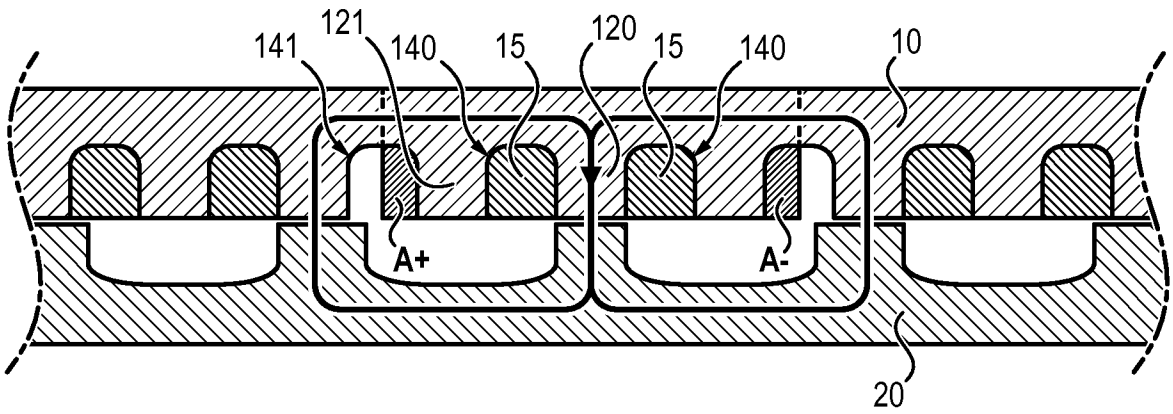


FIG. 2b

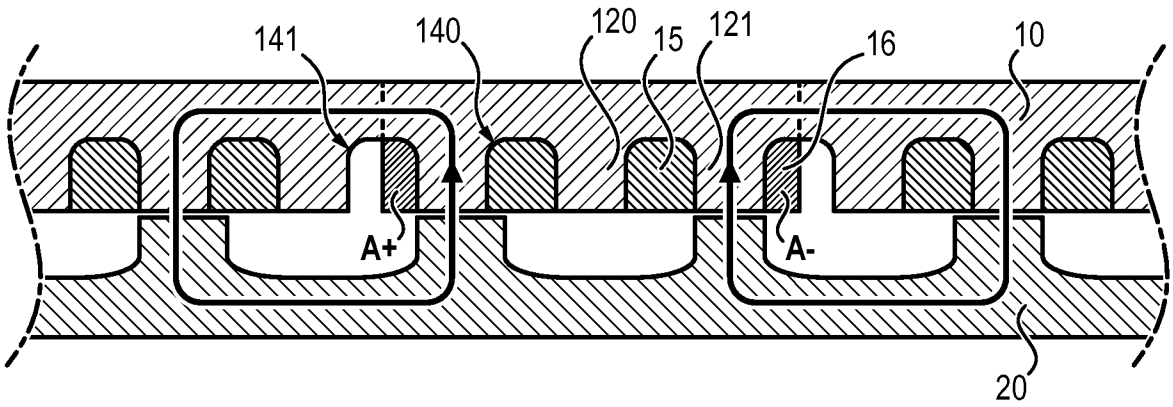


FIG. 3a

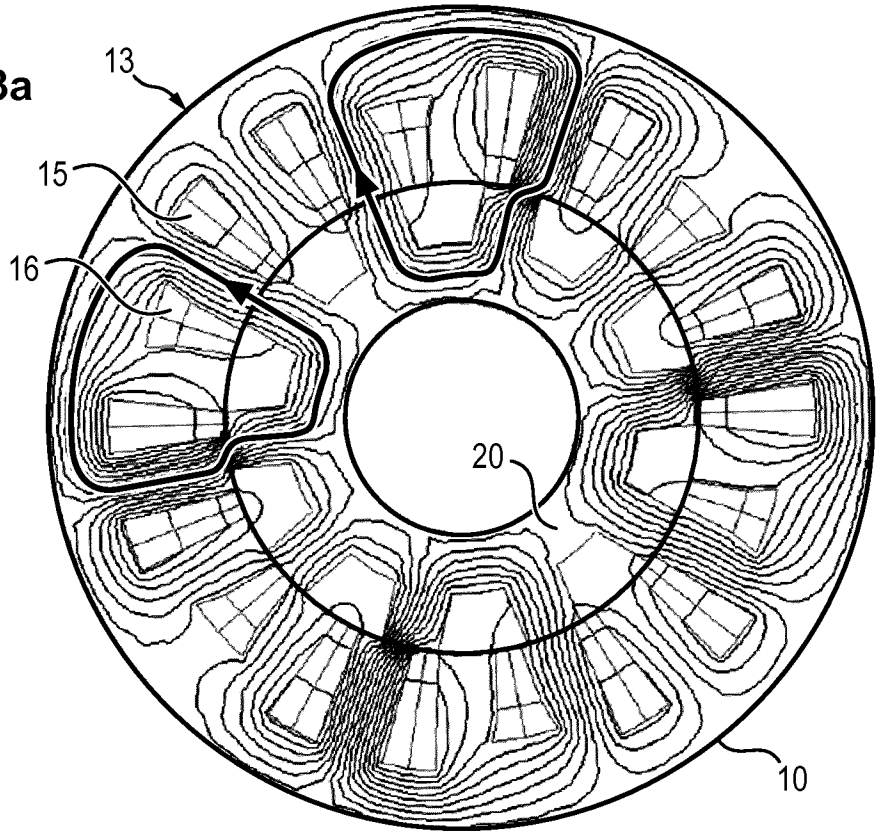


FIG. 3b

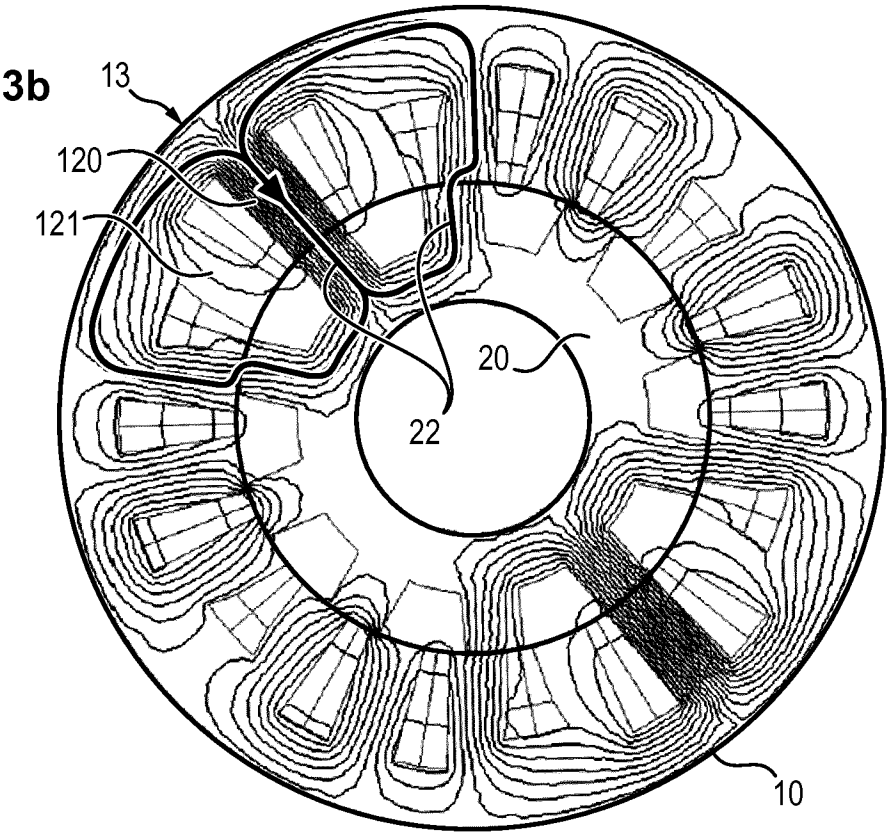


FIG. 4a

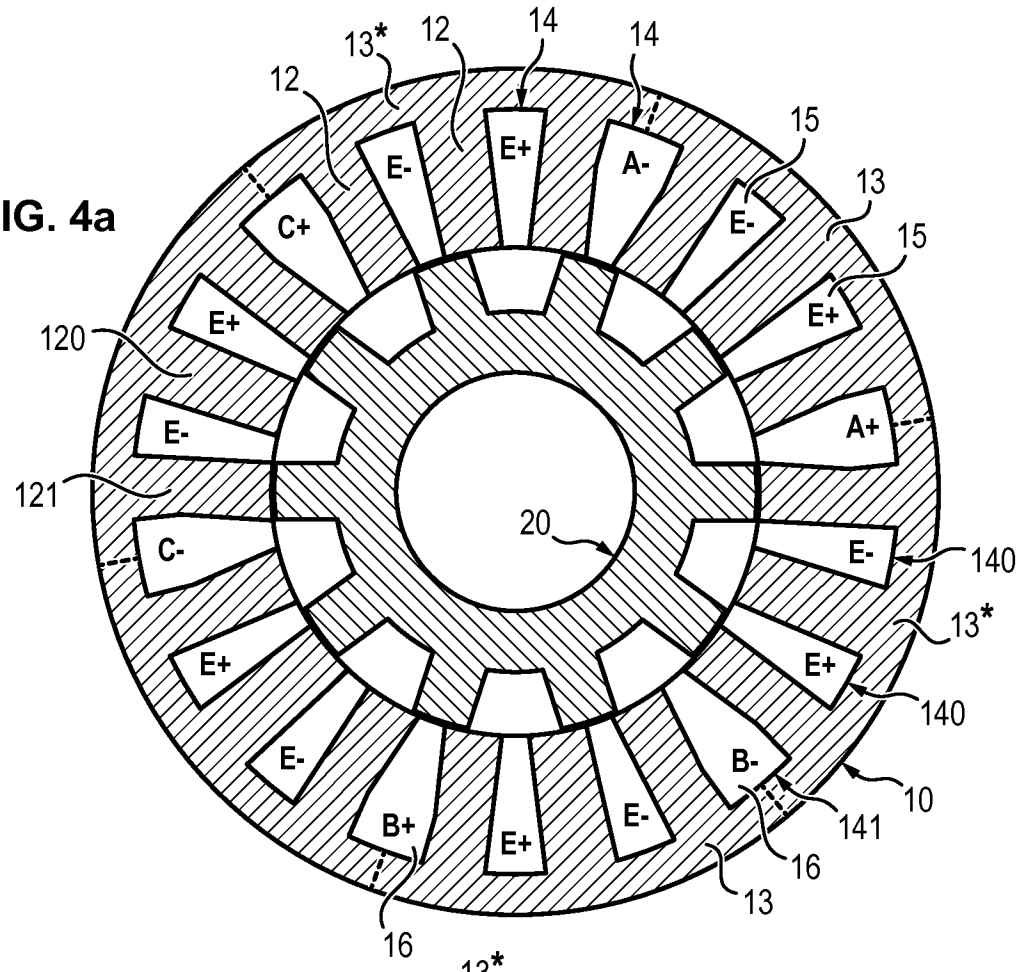

13*
12
14
14
12
15
13
15
E-
E+
A-
C+
E-
E+
E+
120
A+
E-
121
20
C-
E-
140
13*
E+
E+
140
E-
B-
10
B+
E+
E-
141
16
16
13

FIG. 4b

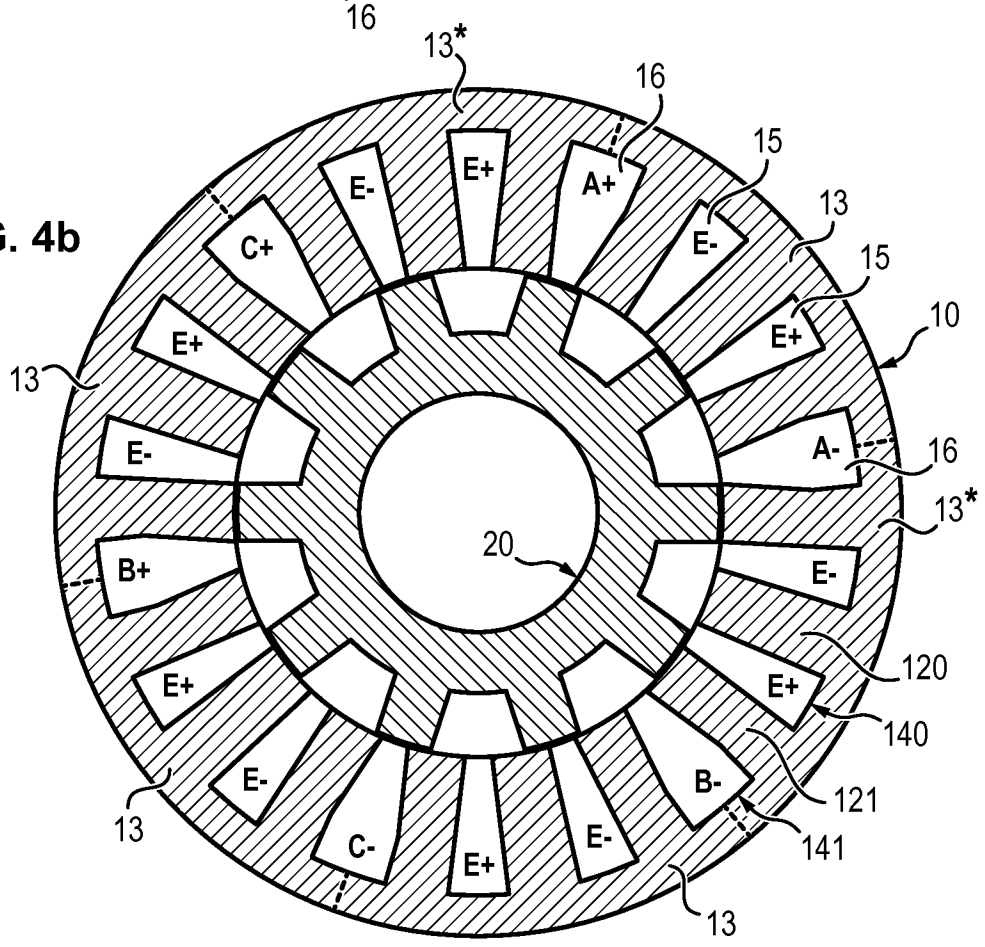

13*
16
15
E-
E+
A+
C+
13
E-
15
E+
10
13
E+
E-
A-
16
13*
20
B+
E-
120
E+
E+
140
E-
B-
121
13
C-
E+
E-
141
13

FIG. 4c

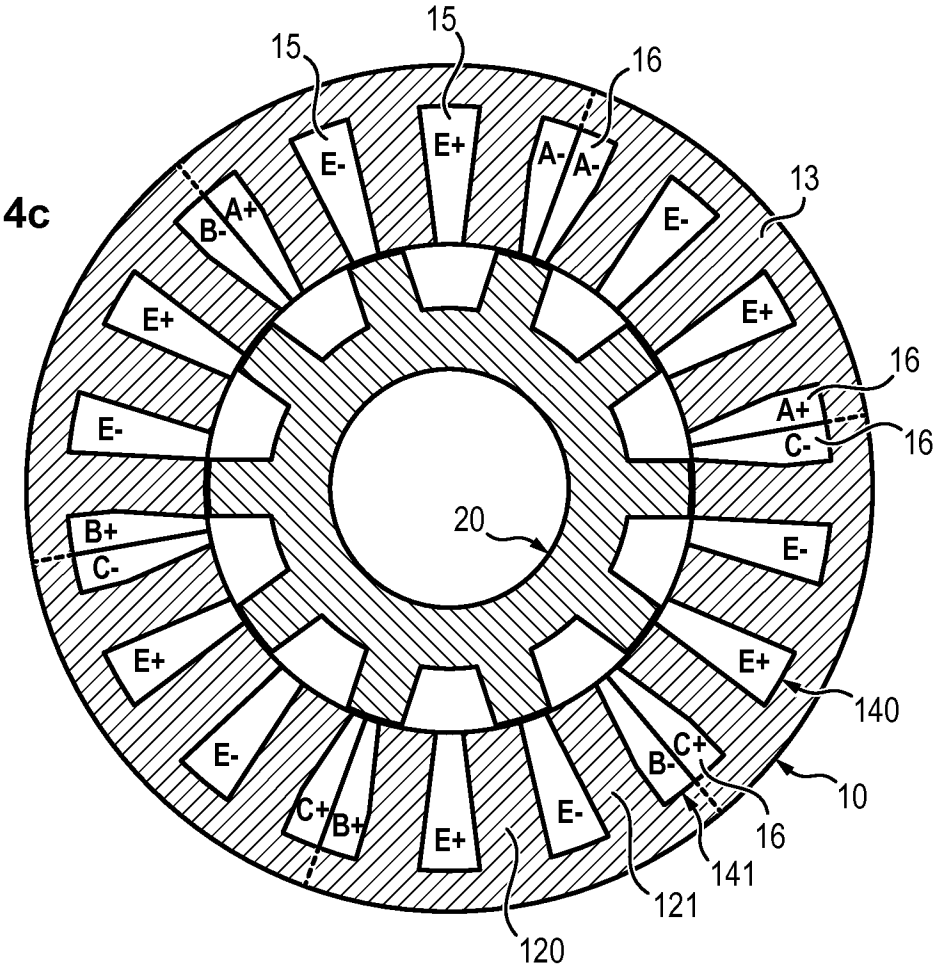

15
15
16
13
16
16
20
140
10
16
141
121
120
E-
E+
A-
A+
B-
B+
C-
C+

FIG. 4d

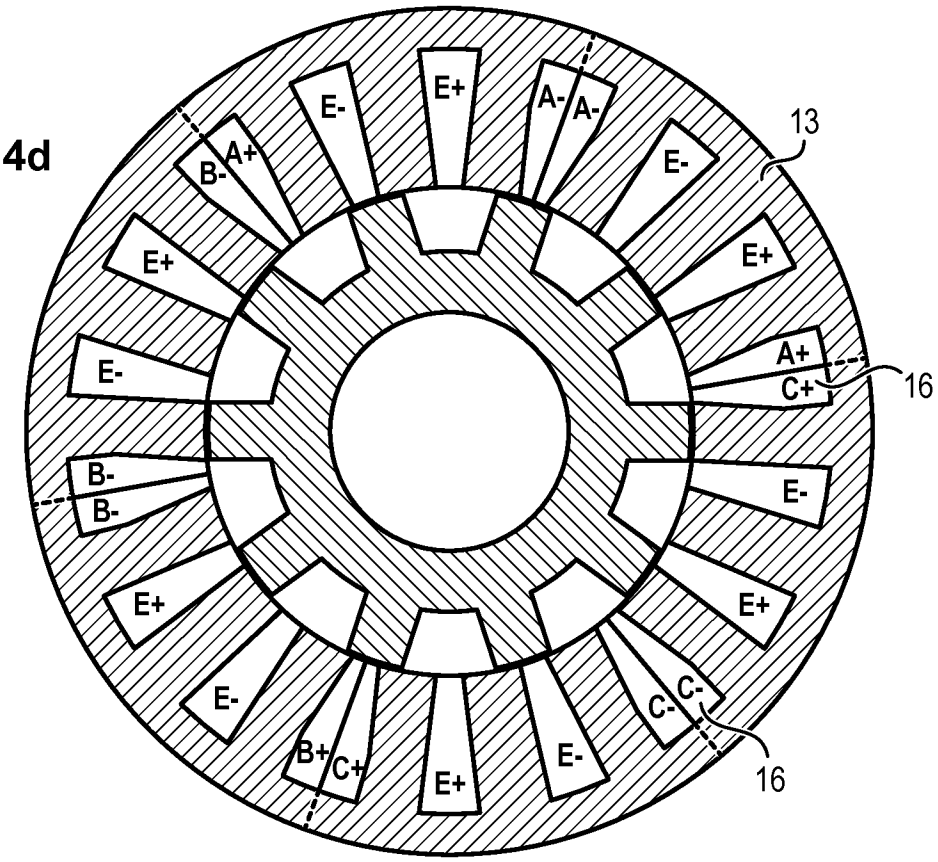

13
16
16
E-
E+
A-
A+
B-
B+
C-
C+

FIG. 4e

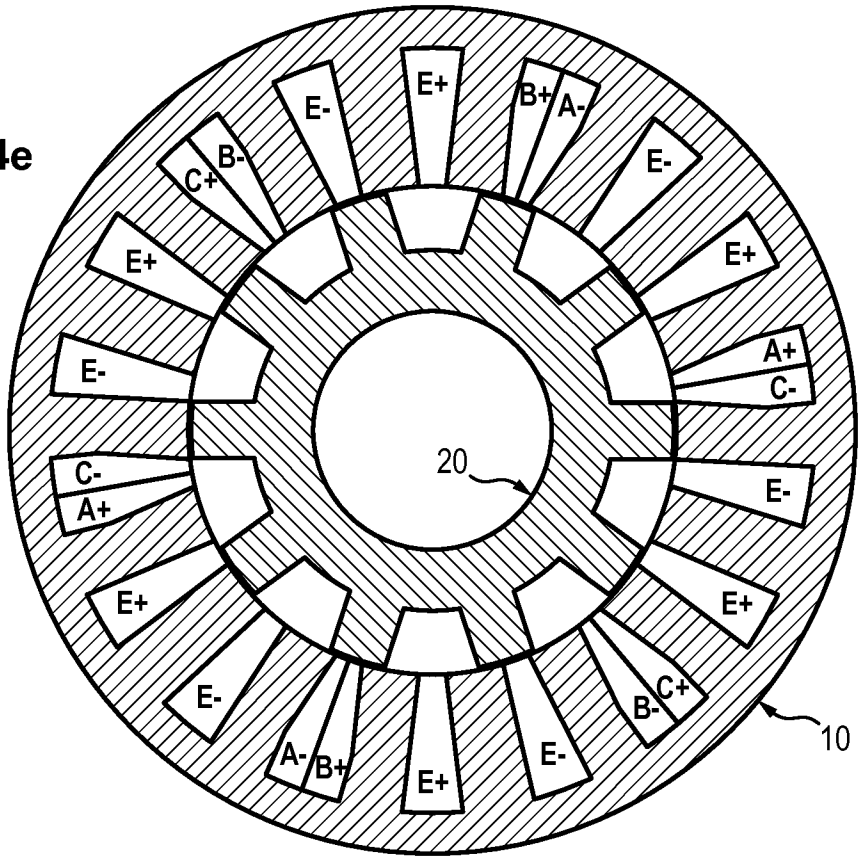

E+
B+
A-
E-
B-
C+
E-
E+
E-
E+
A+
C-
20
C-
A+
E-
E+
E+
E-
C+
B-
10
A-
B+
E+
E-

FIG. 5a

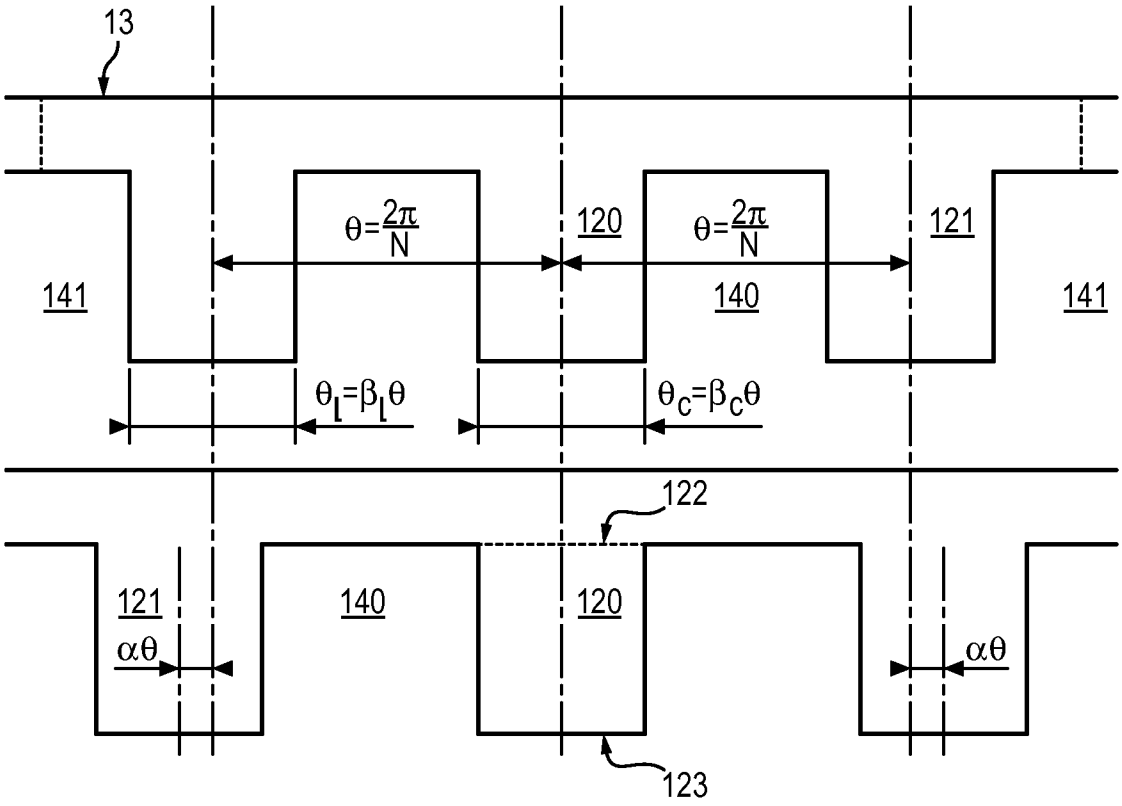

13
θ=2π/N
120
θ=2π/N
121
141
140
141
θl=βlθ
θc=βcθ
122
121
αθ
140
120
αθ
123

FIG. 5b

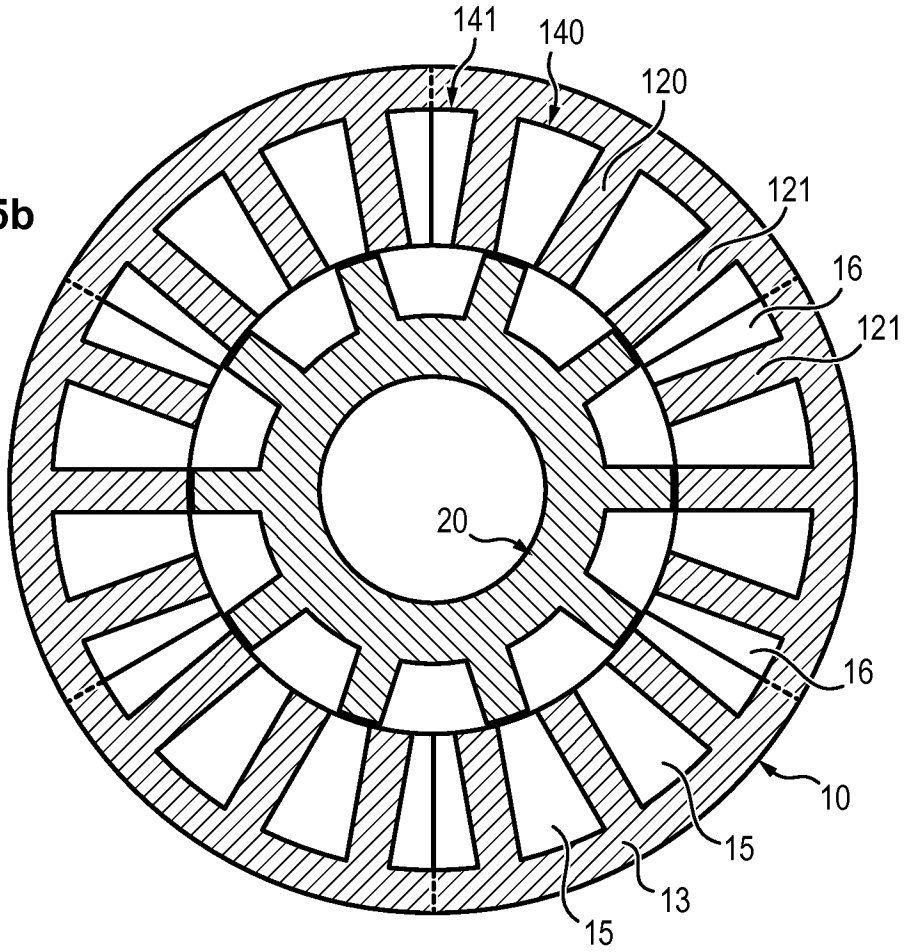


FIG. 5c

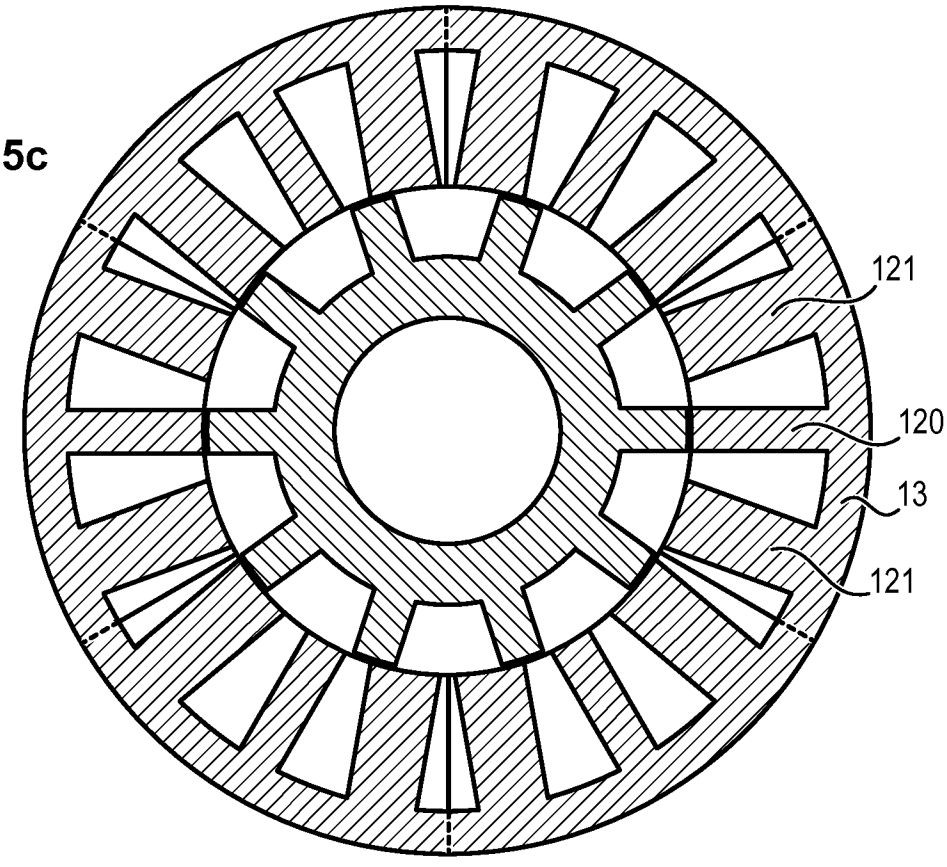


FIG. 5d

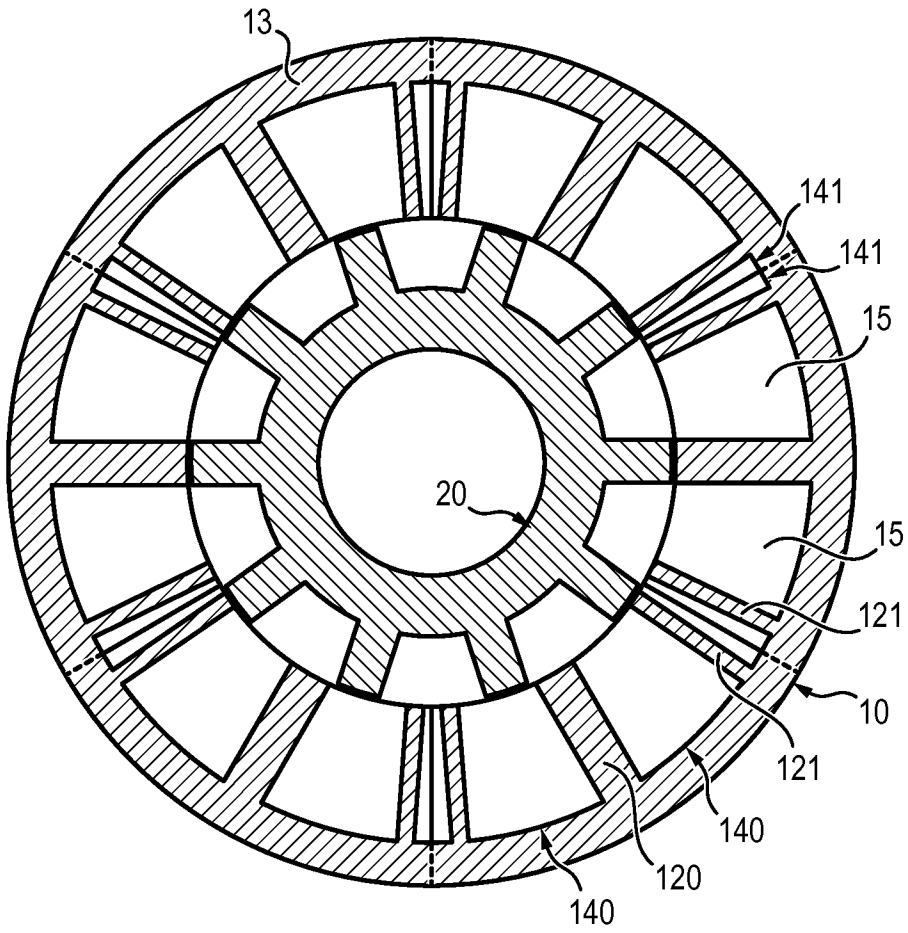


FIG. 6

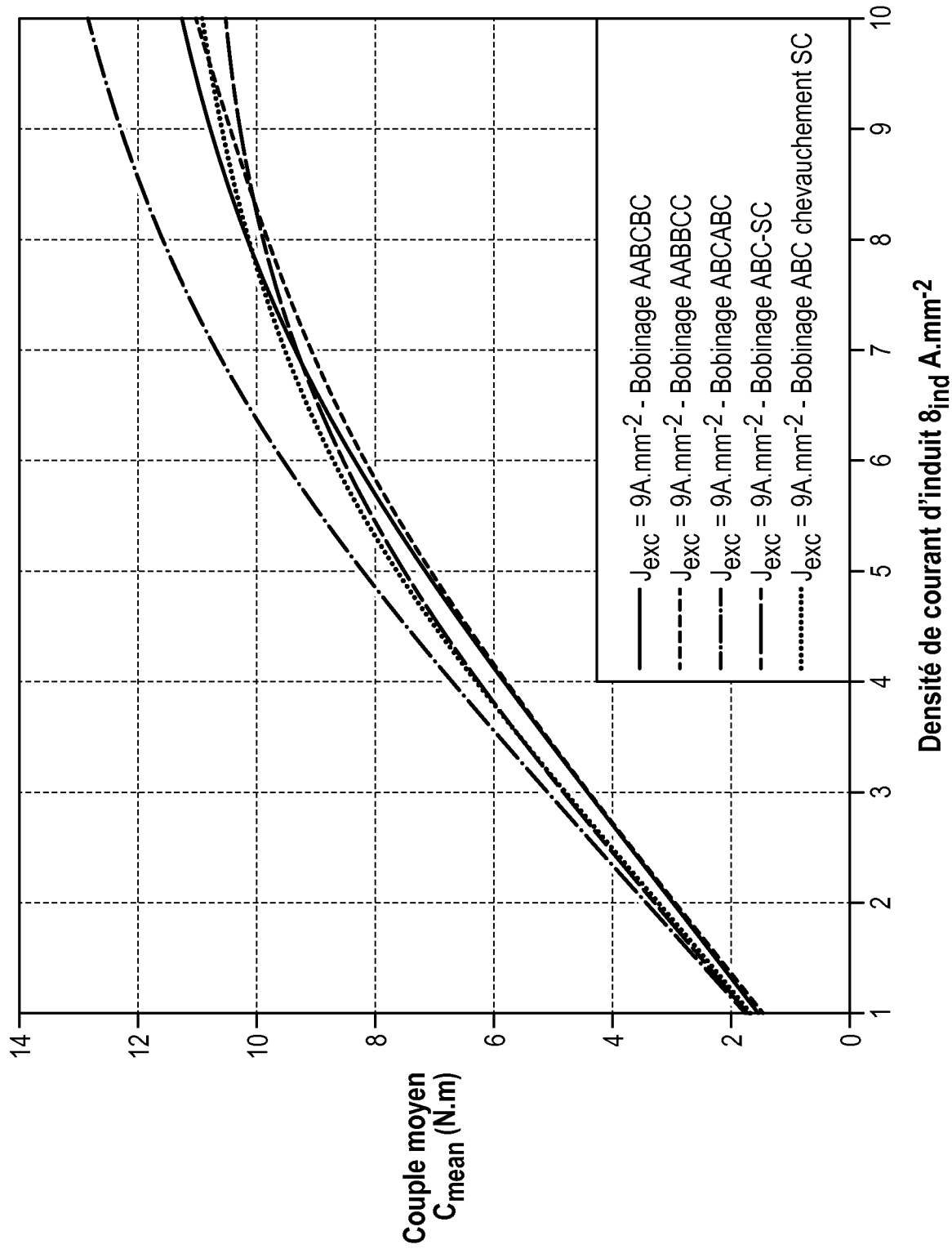

Couple moyen
C_{mean} (N.m)
0
2
4
6
8
10
12
14
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Densité de courant d'induit 8_{ind} A.mm^{-2}
J_{exc} = 9A.mm^{-2} - Bobinage AABCBC
J_{exc} = 9A.mm^{-2} - Bobinage AABBCC
J_{exc} = 9A.mm^{-2} - Bobinage ABCABC
J_{exc} = 9A.mm^{-2} - Bobinage ABC-SC
J_{exc} = 9A.mm^{-2} - Bobinage ABC chevauchement SC

FIG. 7a

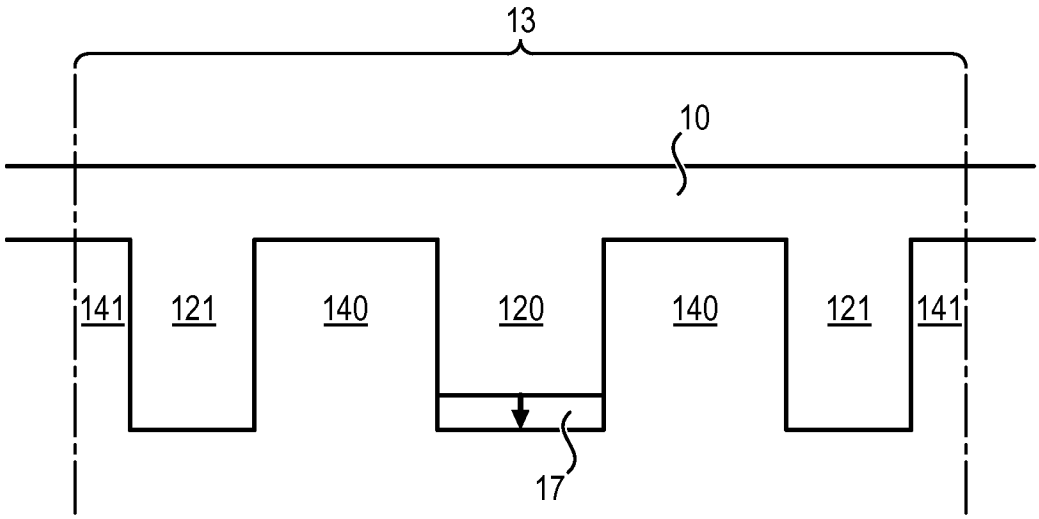

13
10
141
121
140
120
140
121
141
17

FIG. 7b

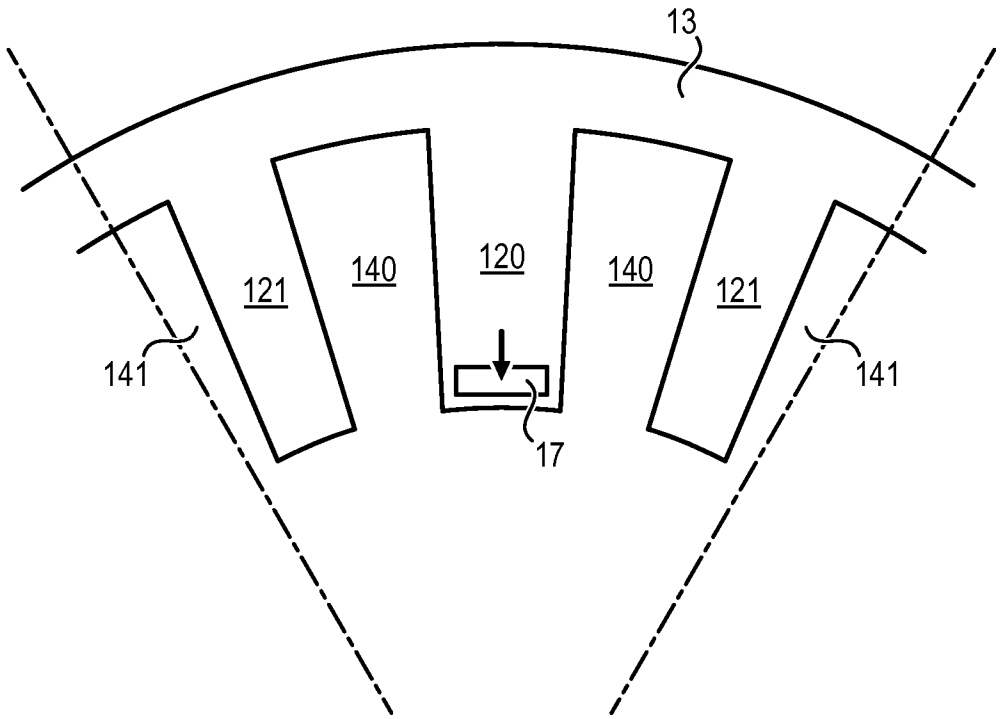

13
121
140
120
140
121
141
141
17

FIG. 7c

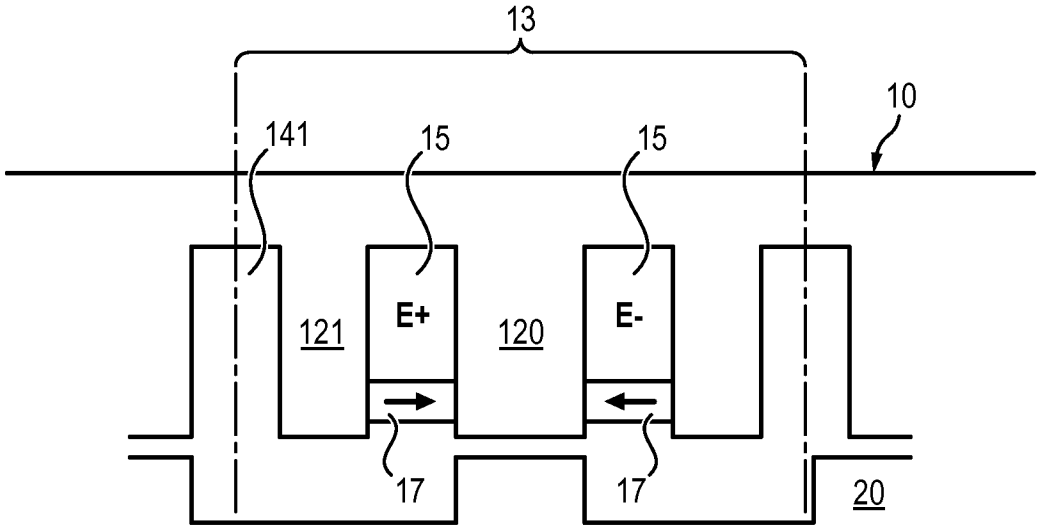

13
10
141
15
15
121
E+
120
E-
17
17
20

FIG. 7d

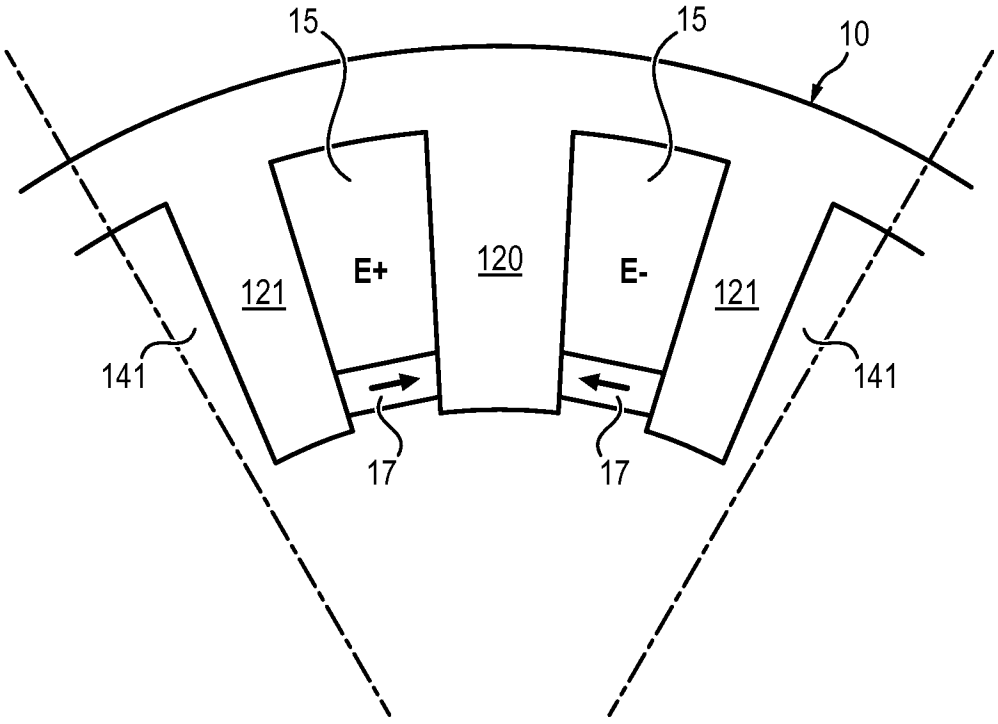

15
15
10
121
E+
120
E-
121
141
141
17
17

FIG. 7e

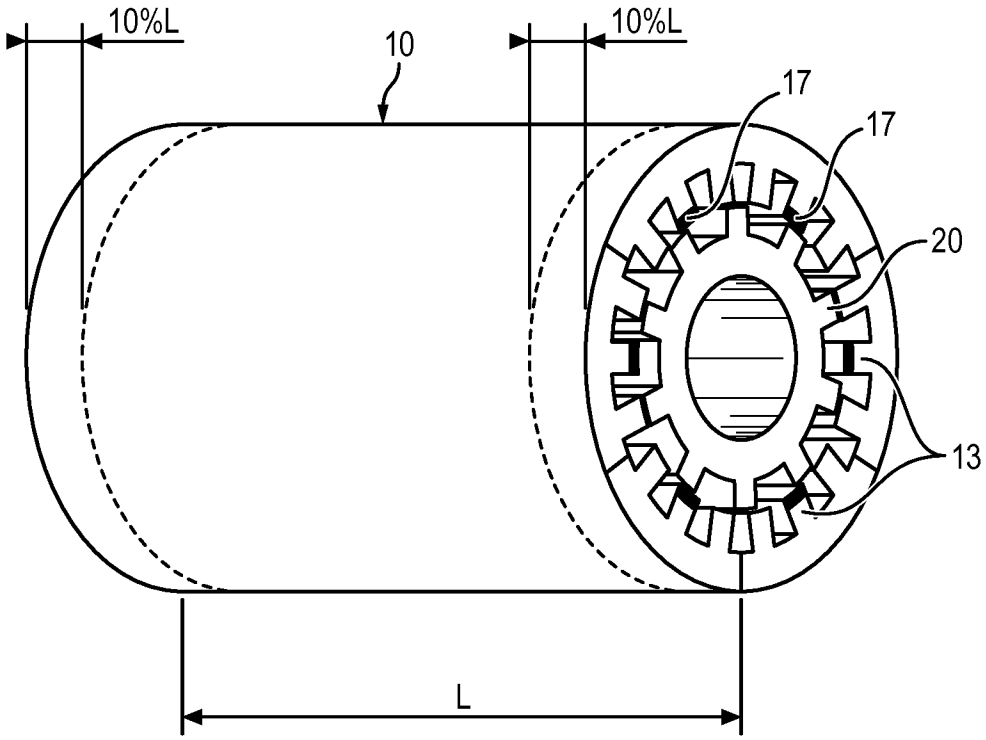


FIG. 8a

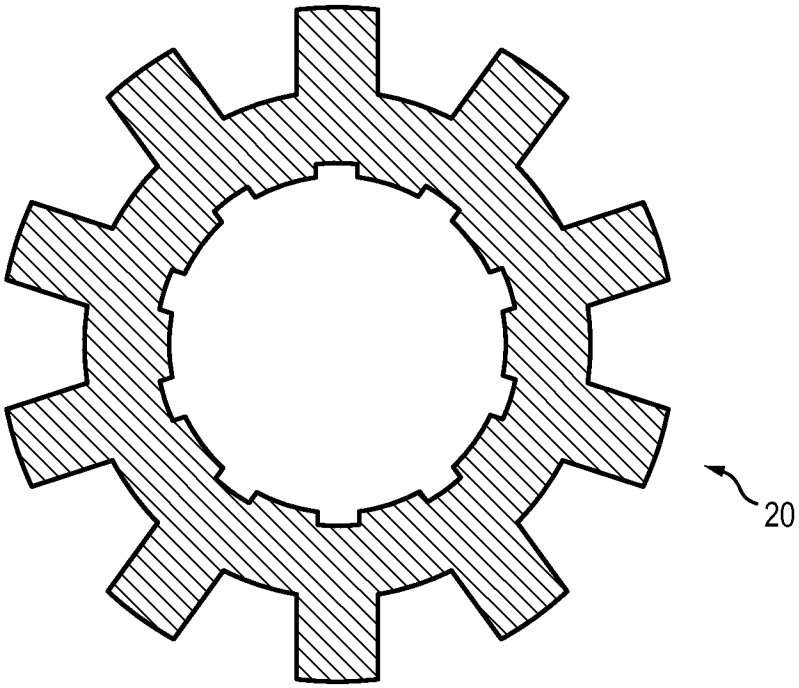
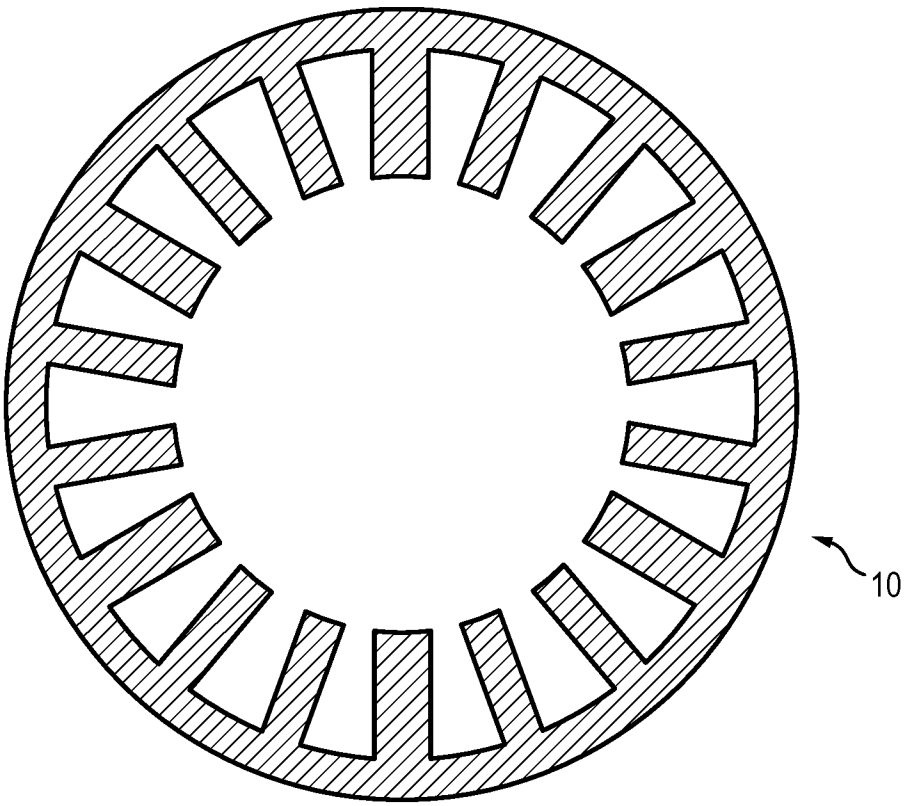


FIG. 8b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/062962

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02K19/10 H02K21/44 H02K21/04 H02K41/03
ADD. H02K1/14 H02K1/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 771 223 A (SELECTRA LTD; ERNST WOLFGANG KREBS) 27 March 1957 (1957-03-27) the whole document	1-14
X	US 3 452 229 A (PIMLOTT JOHN REX ET AL) 24 June 1969 (1969-06-24) the whole document	1
X	EP 0 872 946 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]) 21 October 1998 (1998-10-21) abstract; figures	1,12-14
X	EP 2 012 414 A2 (KOREA ELECTROTECH RES INST [KR]) 7 January 2009 (2009-01-07) abstract; figures	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 August 2016	22/08/2016

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Ramos, Horacio

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2016/062962

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 771223 A	27-03-1957	NONE	
US 3452229 A	24-06-1969	NONE	
EP 0872946 A1	21-10-1998	BR 9804842 A	24-08-1999
		CN 1223028 A	14-07-1999
		EP 0872946 A1	21-10-1998
		ES 2314986 T3	16-03-2009
		FR 2762158 A1	16-10-1998
		JP 4188425 B2	26-11-2008
		JP 2000512840 A	26-09-2000
		KR 20000016610 A	25-03-2000
		US 6242834 B1	05-06-2001
		WO 9847216 A1	22-10-1998
EP 2012414 A2	07-01-2009	EP 2012414 A2	07-01-2009
		US 2009009010 A1	08-01-2009

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2016/062962

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H02K19/10 H02K21/44 H02K21/04 H02K41/03
ADD. H02K1/14 H02K1/16

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
H02K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	GB 771 223 A (SELECTRA LTD; ERNST WOLFGANG KREBS) 27 mars 1957 (1957-03-27) le document en entier	1-14
X	US 3 452 229 A (PIMLOTT JOHN REX ET AL) 24 juin 1969 (1969-06-24) le document en entier	1
X	EP 0 872 946 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]) 21 octobre 1998 (1998-10-21) abrégé; figures	1,12-14
X	EP 2 012 414 A2 (KOREA ELECTROTECH RES INST [KR]) 7 janvier 2009 (2009-01-07) abrégé; figures	1

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
15 août 2016	22/08/2016

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Ramos, Horacio

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (avril 2005)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2016/062962

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 771223 A	27-03-1957	AUCUN	
US 3452229 A	24-06-1969	AUCUN	
EP 0872946 A1	21-10-1998	BR 9804842 A	24-08-1999
		CN 1223028 A	14-07-1999
		EP 0872946 A1	21-10-1998
		ES 2314986 T3	16-03-2009
		FR 2762158 A1	16-10-1998
		JP 4188425 B2	26-11-2008
		JP 2000512840 A	26-09-2000
		KR 20000016610 A	25-03-2000
		US 6242834 B1	05-06-2001
		WO 9847216 A1	22-10-1998
EP 2012414 A2	07-01-2009	EP 2012414 A2	07-01-2009
		US 2009009010 A1	08-01-2009