

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :

2 967 314

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

11 58892

51 Int Cl⁸ : H 02 K 16/04 (2012.01)

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 03.10.11.

30 Priorité : 04.10.10 JP 2010224741.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 11.05.12 Bulletin 12/19.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : DENSO CORPORATION — JP.

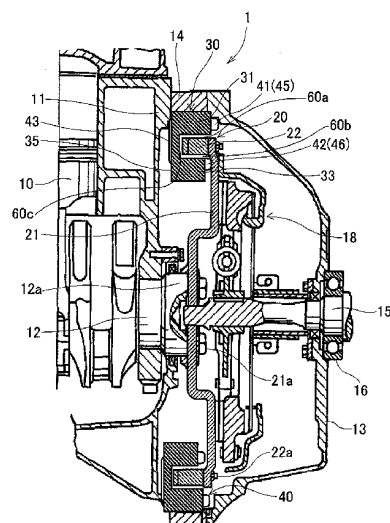
72 Inventeur(s) : KUSASE SHIN.

73 Titulaire(s) : DENSO CORPORATION.

74 Mandataire(s) : NOVAGRAAF BREVETS.

54 MACHINE ELECTRIQUE ROTATIVE A ENTREFERS MAGNETIQUES MULTIPLES.

57 Dans une machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples, un noyau de stator a une partie radialement externe, une partie radialement interne et une partie de raccordement. La partie radialement externe est placée radialement à l'extérieur d'un noyau de rotor avec un entrefer magnétique radialement externe formé entre eux. La partie radialement interne est placée radialement à l'intérieur du noyau de rotor avec un entrefer magnétique radialement interne formé entre eux. La partie de raccordement s'étend radialement pour relier les parties radialement internes et externes et est placée sur un côté axial du noyau de rotor avec un entrefer magnétique axial formé entre eux. Une bobine de stator est formée de fils électriques montés sur le noyau de stator. Chacun des fils électriques a des parties radialement externes installées dans les fentes, des parties radialement internes installées dans les fentes et des parties radialement intermédiaires installées dans les fentes, qui sont respectivement reçues dans les fentes de la partie radialement externe, dans les fentes de la partie radialement interne et dans les fentes de la partie de raccordement du noyau de stator.



FR 2 967 314 - A1



MACHINE ELECTRIQUE ROTATIVE A ENTREFERS MAGNETIQUES MULTIPLES**ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION****5 1. Domaine technique de l'Invention**

La présente invention se rapporte à des machines électriques rotatives à entrefers magnétiques multiples qui sont par exemple utilisées dans des véhicules à moteur comme les moteurs électriques et les générateurs électriques.

10

2. Description de l'Etat de l'Art

Certaines machines électriques rotatives sont utilisées dans un espace étroit et doivent donc avoir une forme plate, tel qu'un moteur électrique directement couplé à un moteur qui est disposé entre un moteur et une transmission dans un véhicule hybride et un moteur électrique pour un appareil électroménager (par exemple, une machine à laver). En outre, comme procédé d'augmentation de couple de sortie de ces machines électriques rotatives, une structure à double 15 entrefers magnétiques qui comporte un entrefer magnétique radialement interne et un entrefer magnétique radialement externe est connue. 20

Par ailleurs, comme machines électriques rotatives à double entrefers magnétiques, des machines électriques rotatives dotées d'un stator et de deux rotors et des machines électriques rotatives dotées d'un rotor et de deux stators sont connues. 25

Les machines rotatives électriques de type 1 stator-2 rotors comportent un stator et deux rotors, un interne et un externe. Le stator comporte un noyau de stator et une bobine de stator montée sur le noyau de stator. Le rotor interne est disposé radialement à l'intérieur du stator de sorte à être entouré par le stator avec un entrefer magnétique radialement interne formé entre eux. Le rotor externe est disposé radialement à l'extérieur du stator de manière à entourer le 35

stator avec un entrefer magnétique radialement externe formé entre eux.

Cependant, les machines électriques rotatives de type 1
5 stator-2 rotors posent les problèmes suivants. D'abord, même si un seul stator est prévu, le nombre de spires de la bobine de stator est important. Deuxièmement, les rotors interne et externe sont minces et larges. Par ailleurs, le rotor interne est exposé sur le côté radialement interne tandis que le rotor
10 externe est exposé sur le côté radialement externe. Par conséquent, les rotors interne et externe peuvent se déformer facilement, générant ainsi un fort bruit au cours du fonctionnement. Troisièmement, du fait que le stator est radialement intercalé entre deux objets en rotation, c'est à
15 dire, les rotors interne et externe, il est difficile de fixer fermement le stator de la machine électrique rotative.

D'autre part, les machines électriques rotatives de type 1 rotor-2 stators comportent un rotor et deux stators, un
20 interne et un externe. Le stator interne est disposé radialement à l'intérieur du rotor tandis que le stator externe est disposé radialement à l'extérieur du rotor.

Par exemple, la figure 13 montre un moteur-roue de type 1
25 rotor-2 stators pour un véhicule, qui est à l'origine divulgué dans la Demande de Brevet Japonais Publiée N° 2007-282331. Comme le montre la figure, ce moteur comporte un rotor 20A, un stator interne 31A disposé radialement à l'intérieur du rotor 20A, et un stator externe 33A disposé radialement à
30 l'extérieur du rotor 20A. En conséquence, le rotor 20A est radialement intercalé entre les rotors interne et externe 31A et 33A, et n'est donc exposé ni sur le côté radialement interne, ni sur le côté radialement externe. Par ailleurs, les deux stators interne et externe 31A et 33A peuvent être bien
35 fixés dans le moteur.

Toutefois, avec cette configuration ci-dessus il faut enrouler deux bobines de stator, respectivement pour les

stators interne et externe 31A et 33A et de fixer séparément les stators interne et externe 31A et 33A au châssis de roue. Par conséquent, le processus d'assemblage du moteur est compliqué, et il est difficile d'avoir une concentricité élevée des stators interne et externe 31A et 33A.

Pour résoudre le problème ci-dessus, on peut envisager l'utilisation d'un élément de fixation pour relier et fixer ainsi les stators interne et externe 31A et 33A entre eux. Toutefois, dans ce cas, l'élément de fixation se trouvera axialement à l'extérieur des extrémités de bobine des bobines de stator des stators interne et externe 31A et 33A, augmentant ainsi la longueur axiale totale du moteur. Par conséquent, le moteur n'a plus une forme plate, et son montage dans la roue peut être compliqué.

RESUME DE L'INVENTION

Selon la présente invention, on prévoit une machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples qui comporte un rotor, un noyau de stator et une bobine de stator. Le rotor comporte un noyau de rotor annulaire. Le noyau de stator a une partie radialement externe, une partie radialement interne et une partie de raccordement. La partie radialement externe a une forme annulaire et est placée radialement à l'extérieur du noyau de rotor avec un entrefer magnétique radialement externe formé entre la partie radialement externe et le noyau de rotor. La partie radialement externe a une pluralité de fentes qui sont formées dans la surface radialement interne de la partie radialement externe et espacées dans la direction circonférentielle de la partie radialement externe. La partie radialement interne a une forme annulaire et est placée radialement à l'intérieur du noyau de rotor avec un entrefer magnétique radialement interne formé entre la partie radialement interne et le noyau de rotor. La partie radialement interne a une pluralité de fentes qui sont formées dans la surface radialement externe de la partie radialement interne et espacées dans la direction

circonférentielle de la partie radialement interne. La partie de raccordement s'étend dans le sens radial pour relier les parties radialement externe et interne. La partie de raccordement est placée sur un côté axial du noyau de rotor, un entrefer magnétique axial étant formé entre la partie de
5 raccordement et le noyau de rotor. La partie de raccordement a une pluralité de fentes dont chacune est formée dans une face d'extrémité axiale de la partie de raccordement regardant le noyau de rotor de sorte à communiquer avec une paire
10 correspondante parmi les fentes des parties radialement externe et radialement interne. La bobine de stator est formée d'une pluralité de fils électriques montés sur le noyau de stator. Chacun des fils électriques a une pluralité de parties radialement externes installées dans les fentes, une pluralité
15 de parties radialement internes installées dans les fentes et une pluralité de parties radialement intermédiaires installées dans les fentes. Chacune des parties radialement externes installées dans les fentes est reçue dans une fente correspondante parmi les fentes de la partie radialement
20 externe du noyau de stator. Chacune des parties radialement internes installées dans les fentes est reçue dans une fente correspondante parmi les fentes de la partie radialement interne du noyau de stator. Chacune des parties radialement intermédiaires installées dans les fentes est reçue dans une
25 fente correspondante parmi les fentes de la partie de raccordement du noyau de stator.

Avec cette configuration, la partie radialement externe et la partie radialement interne du noyau de stator sont reliées
30 par la partie de raccordement, ce qui confère au noyau de stator une structure monobloc. Par conséquent, on peut obtenir une concentricité élevée entre la partie radialement externe et la partie radialement interne. Par ailleurs, il est inutile d'agencer un élément de raccordement supplémentaire pour
35 relier les parties radialement interne et externe axialement à l'extérieur des extrémités de la bobine du stator. Par conséquent, on peut minimiser la longueur axiale totale de la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples,

conférant à la machine une forme plate. Par conséquent, la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples peut être convenablement disposée dans un espace étroit.

5 En outre, avec cette configuration, les fils électriques composent ensemble la bobine de stator unique. En d'autres termes, on ne prévoit qu'une seule bobine de stator de la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples. En outre, la bobine de stator est montée sur le noyau de
10 stator structuré d'un seul tenant. Par conséquent, on peut simplifier le processus d'assemblage de la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples, améliorant ainsi la productivité.

15 En outre, avec la configuration ci-dessus, le noyau de rotor et le noyau de stator se regardent à travers l'entrefer magnétique radialement externe, l'entrefer magnétique radialement interne et l'entrefer magnétique axial entre eux. En d'autres termes, le nombre d'entrefers magnétiques formés
20 entre le noyau de rotor et le noyau de stator est égal à 3. Par conséquent, on peut augmenter la quantité de flux magnétique transféré entre le noyau de rotor et le noyau de stator, améliorant ainsi la performance de la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples.

25 Selon une autre mise en œuvre de l'invention, chacun du noyau de rotor et du noyau de stator est réalisé en un matériau magnétique.

30 Le nombre de fentes de la partie radialement externe du noyau de stator est égal à celui des fentes de la partie radialement interne du noyau de stator. Chacune des fentes de la partie radialement externe est radialement alignée avec une fente correspondante parmi les fentes de la partie radialement
35 interne. Chacune des fentes de la partie de raccordement du noyau de stator s'étend radialement de façon à communiquer avec la paire correspondante parmi les fentes des parties

radialement externe et radialement interne qui s'alignent radialement.

Chacune des fentes de la partie radialement externe du
5 noyau de stator s'étend axialement de sorte à avoir une
ouverture sur une face d'extrémité axiale de la partie
radialement externe qui se trouve sur le côté axialement
opposé à la partie de raccordement du noyau de stator. Chacune
des fentes de la partie radialement interne du noyau de stator
10 s'étend axialement de sorte à avoir une ouverture sur une face
d'extrémité axiale de la partie radialement interne qui est
sur le côté axialement opposé à la partie de raccordement du
noyau de stator. Les fils électriques formant la bobine du
stator sont montés sur le noyau de stator par déplacement
15 axial des fils électriques vers le noyau de stator de l'autre
côté de la partie de raccordement jusqu'à ce que les parties
radialement externes installées dans les fentes, les parties
radialement internes installées dans les fentes et les parties
radialement intermédiaires installées dans les fentes des fils
20 électriques soient respectivement insérées dans les fentes de
la partie radialement externe, les fentes de la partie
radialement interne et les fentes de la partie de
raccordement du noyau de stator.

25 Chacun des fils électriques formant la bobine du stator a
en outre une pluralité de parties de spire radialement
externes et une pluralité de parties de spire radialement
internes. Chacune des parties de spire radialement externes
est placée en dehors des fentes de la partie radialement
30 externe du noyau de stator et relie une paire adjacente
correspondante parmi les parties radialement externes
installées dans les fentes du fil électrique. Chacune des
parties de spire radialement internes est placée en dehors des
fentes de la partie radialement interne du noyau de stator et
35 relie une paire adjacente correspondante parmi les parties
radialement internes installées dans les fentes du fil
électrique.

Chacun des fils électriques formant la bobine du stator a une section transversale rectangulaire perpendiculaire à sa direction longitudinale.

5 En outre, chacune des parties radialement intermédiaires installées dans les fentes du fil électrique s'étend radialement entre la partie radialement externe et la partie radialement interne du noyau de stator et est torsadée par rapport à son centre radial de 90°. Dans chacune des fentes de
10 la partie radialement externe du noyau de stator, un nombre prédéterminé des parties radialement externes installées dans les fentes des fils électriques sont radialement empilées, les côtés plus longs de leurs sections transversales se chevauchant les uns avec les autres. D'autre part, dans
15 chacune des fentes de la partie radialement interne du noyau de stator, un nombre prédéterminé des parties radialement internes installées dans les fentes des fils électriques sont radialement empilées, les côtés plus courts de leurs sections se chevauchant les uns avec les autres.

20

Dans un mode de réalisation de l'invention, la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples est configurée comme un moteur électrique directement couplé au moteur qui est agencé entre un moteur et une transmission dans
25 un véhicule hybride.

30

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples est configurée comme moteur-roue pour un véhicule électrique.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise d'après la description détaillée donnée ci-après et des dessins annexés
35 des modes de réalisations préférés de l'invention, qui ne doivent en aucun cas être considérés comme limitant l'invention aux modes de réalisation spécifiques, mais n'ont qu'une visée d'explication et de compréhension.

Dans les dessins annexés :

La figure 1 est une vue schématique en coupe d'une machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

La figure 2 est une vue en perspective d'un ensemble d'un rotor et d'un stator de la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples, où seule une partie d'un disque du rotor est montrée ;

La figure 3 est une vue en perspective de l'ensemble omettant le disque rotor et une bobine de stator;

La figure 4 est une vue en perspective d'un noyau de rotor ;

La figure 5A est une vue en perspective d'une pièce polaire magnétique du rotor du côté avant ;

La figure 5B est une vue en perspective de la pièce polaire magnétique du côté arrière ;

La figure 6A est une vue en plan d'une partie du stator ;

La figure 6B est une vue en coupe le long de la ligne A-A dans la figure 6A ;

La figure 6C est une vue en coupe prise le long de la ligne B-B dans la figure 6A ;

La figure 7 est une vue en perspective de la bobine du stator ;

La figure 8 est une vue en perspective de l'un des fils électriques qui forment ensemble la bobine du stator ;

La figure 9 est une vue en perspective de l'un des enroulements de phase de la bobine du stator ;

La figure 10 est une vue en perspective d'une partie du stator ;

La figure 11 est une vue en perspective illustrant la relation de position entre la bobine du stator et le rotor ;

La figure 12 est une vue schématique en coupe d'une machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;

La figure 13 est une vue schématique en coupe d'un moteur-roue selon l'art antérieur ;

La figure 14 est une vue en perspective d'une partie d'un ensemble d'un noyau de rotor et d'un stator d'une machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon un troisième mode de réalisation de l'invention ; et

5 La figure 15 est une vue en perspective agrandie d'une partie du noyau de rotor de la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon le troisième mode de réalisation.

10

DESCRIPTION DES MODES DE REALISATION PREFERES

Les modes de réalisation préférés de la présente invention seront décrits ci-après en référence aux figures 1 à 15. Il est à noter, par souci de clarté et de compréhension, que des
15 composants identiques ayant des fonctions identiques dans les différents modes de réalisation de l'invention sont marqués, dans la mesure du possible, avec les mêmes numéros de référence dans chacune des figures et que, pour éviter la redondance, les descriptions des composants identiques ne
20 seront pas répétées.

Premier Mode de Réalisation

La figure 1 montre la configuration générale d'une machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon un
25 premier mode de réalisation de l'invention. Dans ce mode de réalisation, la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples est configurée comme un moteur électrique directement couplé à un moteur 1 pour un véhicule hybride.

30

Plus précisément, dans la figure 1, le numéro de référence 10 désigne un moteur du véhicule hybride, qui est fixé à un châssis de moteur 11. Le numéro de référence 12 désigne un vilebrequin (ou un arbre de sortie) du moteur 10. Une partie
35 d'extrémité d'ouverture d'un boîtier essentiellement en forme de coupe 13 est fixée via un boîtier tubulaire 14 à une extrémité (à savoir, l'extrémité droite de la figure 1) du châssis du moteur 11. Un arbre de transmission est supporté en

rotation par un roulement 16 au niveau d'une partie centrale d'une paroi inférieure du boîtier en forme de coupe 13. L'arbre de transmission 15 s'étend dans le boîtier 13 et est coaxialement disposé avec le vilebrequin 12 du moteur 10.

5

Le moteur 1 est disposé dans le boîtier tubulaire 14. Comme le montrent les figures 1 et 2, le moteur 1 comporte un rotor 20 et un stator qui est composé d'un noyau de stator 30 et d'une bobine de stator triphasée 40 montée sur le noyau de stator 30.

10

Le rotor 20 comporte un disque rotor 21 et un noyau de rotor annulaire 22 qui est fixé à une partie d'extrémité radialement externe du disque rotor 21 au moyen de boulons 22a. Une partie radialement centrale du disque rotor 21 est fixée, au moyen de boulons 21a, à un arbre-moyeu 12a qui est formé à une extrémité (à savoir, l'extrémité droite de la figure 1) du vilebrequin 12. En conséquence, le rotor 20 peut être mis en rotation avec le vilebrequin 12.

15

20

En référence aux figures 3 et 4, le noyau 22 de rotor comporte une pluralité (par exemple, 16 dans le présent mode de réalisation) de parties polaires magnétiques 23, une pluralité de parties de pont radialement internes 24a et une pluralité de parties de pont radialement externes 24b. Les parties polaires magnétiques 23 sont reliées les unes aux autres dans la direction circonférentielle du noyau 22 de rotor par paires correspondantes des parties de pont radialement internes et externes 24a et 24b. En outre, entre chaque paire correspondante parmi les parties de pont radialement internes et externes 24a et 24b, un espace creux 25 pour le blocage du flux magnétique est formé. En outre, dans le présent mode de réalisation, le noyau 22 de rotor est formé en stratifiant une pluralité de tôles d'acier magnétique.

25

30

35

Chacune des parties polaires magnétiques 23 du noyau 22 de rotor est formée de manière à être radialement plus mince en

son centre circonférentielle qu'à ses extrémités circonférentielles. En conséquence, sur la surface radialement interne du noyau 22 de rotor, les parties du pont radialement internes 24a et une pluralité d'évidements 26a s'alternant
5 dans la direction circonférentielle du noyau 22 de rotor ; les parties de pont radialement internes 24a font saillie radialement vers l'intérieur tandis que les évidements 26a sont en évidement radialement vers l'extérieur. D'autre part, sur la surface radialement externe du noyau 22 de rotor, les
10 parties de pont radialement externes 24b et une pluralité d'évidements 26b s'alternent dans la direction circonférentielle du noyau 22 de rotor ; les parties de pont radialement externes 24b font saillie radialement vers l'extérieur tandis que les évidements 26b sont en évidement
15 radialement vers l'intérieur.

De plus, dans chacune des parties polaires magnétiques 23 du noyau 22 de rotor, un trou traversant taraudé 23a qui s'étend dans une direction axiale du noyau 22 de rotor et par
20 lequel l'un des boulons 22a s'étend pour la fixation du noyau 22 de rotor vers le disque 21 de rotor est formé.

Par ailleurs, comme le montre la figure 4, chacune des parties polaires magnétiques 23 du noyau 22 de rotor comporte
25 une pièce polaire magnétique 27 montée sur sa face d'extrémité (à savoir, la face d'extrémité inférieure de la figure 4). La pièce polaire magnétique 27 est réalisée en un matériau magnétique.

30 La pièce polaire magnétique 27, comme le montre la figure 5B, une paire de protubérances 27b qui sont respectivement formées à des extrémités circonférentielles opposées sur une face arrière 27a (à savoir, la face d'extrémité regardant la partie polaire magnétique 23) de la pièce polaire magnétique
35 27. Les protubérances 27b sont respectivement ajustées dans une paire d'évidements (non représentés) formés dans la face d'extrémité de la partie polaire magnétique 23, positionnant ainsi la pièce polaire magnétique 27 par rapport à la partie

polaire magnétique 23. Par ailleurs, comme le montre la figure 5A, la pièce polaire magnétique 27 comporte en outre un évidement 27d qui est formé à une partie centrale circonférentielle dans une face avant 27c de la pièce polaire magnétique 27. Par ailleurs, la pièce polaire magnétique 27 a aussi un évidement 27e qui est formé à une partie centrale circonférentielle dans une surface radialement interne de la pièce polaire magnétique 27 et un évidement 27f est formé à une partie centrale circonférentielle dans une surface radialement externe de la pièce polaire magnétique 27. Les évidements 27e et 27f de la pièce polaire magnétique 27 correspondent respectivement aux évidements 26a et 26b de la partie polaire magnétique 23. De plus, dans la pièce polaire magnétique 27, un trou traversant taraudé 27g qui s'étend dans la direction axiale du noyau 22 du rotor et qui est positionné de façon à communiquer avec le trou traversant taraudé 23a de la partie polaire magnétique 23 est formé. La pièce polaire magnétique 27 est fixée, conjointement avec la partie polaire magnétique 23, au disque 21 du rotor par fixation du boulon 22a dans le trou traversant taraudé 23a de la partie polaire magnétique 23 et le trou traversant taraudé 27g de la pièce polaire magnétique 27.

En se référant à la figure 1, dans le présent mode de réalisation, le moteur 1 comporte en outre un mécanisme d'embrayage 18 qui est agencé dans le boîtier 13 autour de l'arbre de transmission 15. Le mécanisme d'embrayage 18 fonctionne de façon à permettre et à interdire sélectivement la transmission de couple du vilebrequin 12 à l'arbre de transmission 15 par le rotor 20.

Le noyau 30 du stator a, comme le montre les figures 1 à 3 et 6A à 6C, une partie radialement externe 31, une partie radialement interne 33 et une partie de raccordement 35 qui relie les parties radialement interne et externe 31 et 33.

La partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator a une forme annulaire et est formée d'une pluralité de tôles

d'acier magnétiques qui sont stratifiées dans la direction axiale de la partie radialement externe 31. La partie radialement externe 31 est disposée coaxialement avec le noyau 22 du rotor et radialement à l'extérieur de celui-ci, formant un entrefer magnétique radialement externe 60a entre la partie radialement externe 31 et le noyau 22 de rotor. Par ailleurs, la partie radialement externe 31 a une pluralité de fentes 32 formées dans sa surface radialement interne ; la surface radialement interne regarde radialement le noyau 22 de rotor.

5

10 Chacune des fentes 32 s'étend dans la direction axiale de la partie radialement externe 31 de manière à pénétrer dans la partie radialement externe 31. En outre, les fentes 32 sont espacées dans la direction circonférentielle de la partie radialement externe 31 à des intervalles égaux. Pour chacune

15 des fentes 32, la direction de profondeur de la fente 32 coïncide avec une direction radiale de la partie radialement externe 31.

Dans le présent mode de réalisation, deux fentes 32 par pôle magnétique du rotor 20 qui a 16 pôles magnétiques et par phase de la bobine de stator triphasée 40 sont prévues. En conséquence, le nombre total de fentes 32 prévues dans la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator est égal à 96 (c.-à-d, $2 \times 16 \times 3$).

25

La partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator a aussi une forme annulaire et est formée d'une pluralité de tôles d'acier magnétiques qui sont stratifiées dans la direction axiale de la partie radialement interne 33. La partie radialement interne 33 est disposée coaxialement au noyau 22 du rotor et radialement à l'intérieur de celui-ci, formant un entrefer magnétique radialement interne 60B entre la partie radialement interne 33 et le noyau 22 du rotor. Par ailleurs, la partie radialement interne 33 comporte une pluralité de fentes 34 formées dans sa surface radialement externe ; la surface radialement externe regarde radialement le noyau 22 du rotor. Chacune des fentes 34 s'étend dans la direction axiale de la partie radialement interne 33 de

30

35

manière à pénétrer dans la partie radialement interne 33. En outre, les fentes 34 sont espacées dans la direction circonférentielle de la partie radialement interne 33 à des intervalles égaux. Pour chacune des fentes 34, la direction de profondeur de la fente 34 coïncide avec une direction radiale de la partie radialement interne 33. Dans le présent mode de réalisation, le nombre de fentes 34 formées dans la partie radialement interne 33 est égal à celui des 32 fentes formées dans la partie radialement externe 31 (par exemple, égal à 96). Par ailleurs, chacune des fentes 34 s'aligne radialement à une fente correspondante parmi les fentes 32.

En outre, dans le présent mode de réalisation, la profondeur radiale des fentes 34 formées dans la partie radialement interne 33 du noyau de stator 30 est fixée de manière à être plus grande que celle des fentes 32 formées dans la partie radialement externe 31 d'une valeur prédéterminée. D'autre part, la largeur circonférentielle des fentes 34 est fixée de manière à être inférieure à celle des fentes 32. Par conséquent, la largeur circonférentielle des dents de la partie radialement interne 33 est augmentée, améliorant ainsi la performance du moteur 1. Ici, les dents de la partie radialement interne 33 s'étendent radialement de sorte à définir les fentes 34 entre elles.

La partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator a également une forme annulaire et est formée d'une pluralité de tôles d'acier magnétiques qui sont stratifiées dans la direction axiale de la partie de raccordement 35. La partie radialement externe de la partie de raccordement 35 est reliée à une face d'extrémité axiale (à savoir, la face d'extrémité gauche de la figure 6B) de la partie radialement externe 31 du noyau 30 du stator et sa partie radialement interne solidaire d'une face d'extrémité axiale (à savoir, la face d'extrémité gauche de la figure 6B) de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator. Par conséquent, la partie radialement externe 31 et la partie radialement interne 33 sont reliées par la partie de raccordement 35.

La partie de raccordement 35 est disposée sur un côté axial (à savoir, le côté gauche de la figure 1) du noyau 22 de rotor, formant un entrefer magnétique axial 60c entre la
5 partie de raccordement 35 et une face d'extrémité axiale (à savoir, la face d'extrémité gauche de la figure 1) du noyau 22 de rotor. La partie de raccordement 35 comporte une pluralité (par exemple, 96 dans le présent mode de réalisation) de fentes 36 qui y est formée. Chacune des fentes 36 s'étend
10 axialement de sorte à pénétrer dans la partie de raccordement 35. En outre, chacune des fentes 36 s'étend radialement de sorte à communiquer avec une paire radialement alignée des fentes 32 et 34 des parties radialement externes et internes 31 et 33. En outre, il convient de noter que chacune des
15 fentes 36 peut également être formée de sorte à ne pas pénétrer axialement dans la partie de raccordement 35 et d'avoir une partie inférieure sur le côté axialement opposé au noyau 22 du rotor.

20 Comme ci-dessus, dans le présent mode de réalisation, le noyau 30 de stator comporte les trois parties intégrales, c.-à-d. la partie radialement externe 31, la partie radialement interne 33, et la partie de raccordement 35 qui relie les parties radialement interne et externe 31 et 33. Le noyau 30
25 de stator est disposé par rapport au noyau 22 du rotor de sorte à définir trois entrefers magnétiques, à savoir l'entrefer magnétique radialement externe 60a entre la partie radialement externe 31 et le noyau 22 du rotor, l'entrefer magnétique radialement interne 60b entre la partie radialement
30 interne 33 et le noyau 22 du rotor, et l'entrefer magnétique axial 60c entre la partie de raccordement 35 et le noyau 22 du rotor.

La bobine 40 de stator est formée d'une pluralité de fils
35 électriques 50 montés sur le noyau 30 de stator. Les fils électriques 50 sont assemblés de sorte que la bobine 40 de stator ait, comme indiqué dans la figure 7, la forme d'un

anneau qui a une section transversale essentiellement en forme de "U" perpendiculaire à sa direction circonférentielle.

Plus précisément, la bobine 40 du stator comporte trois parties, c.-à-d., une partie radialement externe 41 montée sur la partie radialement externe 31 du noyau 30 du stator, une partie radialement interne 42 montée sur la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator, et une partie radialement intermédiaire 43 montée sur la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator. Par ailleurs, un espace annulaire creux 47 qui a une section indiquée par la couleur blanche dans la figure 7 est formé entre les trois parties 41, 42 et 43. En outre, le noyau 22 du rotor est reçu dans l'espace annulaire creux 47 et tourne dans celui-ci.

15

Se référant à la figure 8, chacun des fils électriques 50 a une pluralité de parties radialement externes installées dans les fentes 51, une pluralité de parties radialement internes installées dans les fentes 52, une pluralité de parties radialement intermédiaires installées dans les fentes 53, une pluralité de parties de spire radialement externes 54, et une pluralité de parties de spire radialement internes 55. Chacune des parties radialement externes installées dans les fentes 51 est reçue dans une fente correspondante parmi les fentes 32 de la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator. Chacune des parties radialement internes installées dans les fentes 52 est reçue dans une fente correspondante parmi les fentes 34 de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator. Chacune des parties radialement intermédiaires installées dans les fentes 53 est reçue dans une fente correspondante parmi les fentes 36 de la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator. Chacune des parties de spire radialement externes 54 est placée en dehors des fentes 32 de la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator et relie une paire adjacente correspondante parmi les parties radialement externes installées dans les fentes 51 du fil électrique 50. Chacune des parties de spire radialement internes 55 est placée en dehors des fentes 34 de la partie

35

radialement interne 33 du noyau 30 de stator et relie une paire correspondante adjacente des parties radialement internes installées dans les fentes 52 du fil électrique 50.

5 Par ailleurs, dans le présent mode de réalisation, la bobine 40 du stator est configurée comme une bobine de stator triphasée qui comporte les enroulements 48 de phase U, de phase V et de phase W. Chacun des enroulements 48 de phase U, de phase V et de phase W est formé par la liaison d'un nombre
10 prédéterminé de fils électriques 50 de manière à avoir une forme annulaire, comme indiqué dans la figure 9.

Pour chacun des fils électriques 50, les parties radialement externes installées dans les fentes 51 du fil
15 électrique 50 sont respectivement reçues dans les fentes correspondantes 32 de la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator ; les fentes correspondantes 32 sont circonférentiellement espacées à un pas de six fentes 32 qui correspond à un pas polaire magnétique (ou un angle électrique
20 de π). Les parties radialement internes installées dans les fentes 52 du fil électrique 50 sont respectivement reçues dans les fentes correspondantes 34 de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator ; les fentes correspondantes 34 sont circonférentiellement espacées à un pas de six fentes 34 qui
25 correspond à un pas polaire magnétique. Les parties radialement intermédiaires installées dans les fentes 53 du fil électrique 50 sont respectivement reçues dans les fentes correspondantes 36 de la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator ; les fentes correspondantes 36 sont
30 circonférentiellement espacées à un pas de six fentes 36 qui correspond à un pas polaire magnétique.

De plus, dans chacune des fentes 32 de la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator, quatre parties
35 radialement externes installées dans les fentes 51 des fils électriques 50 formant le même enroulement de phase de la bobine 40 du stator sont reçues. Dans chacune des fentes 34 de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator, quatre

parties radialement internes installées dans les fentes 52 du fil électrique 50 formant le même enroulement de phase de la bobine 40 du stator sont reçues. Dans chacune des fentes 36 de la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator, quatre
5 parties radialement intermédiaires installées dans les fentes 53 des fils électriques 50 formant le même enroulement de phase de la bobine 40 du stator sont reçues.

En outre, dans le présent mode de réalisation, chacune des
10 parties radialement intermédiaires installées dans les fentes 53 des fils électriques 50 formant la bobine 40 du stator s'étend radialement entre la partie radialement externe 31 et la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator et est tordue par rapport à son centre radial de 90 °. Par
15 conséquent, dans chacune des fentes 32 de la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator, les quatre parties dans les fentes radialement externe 51 des fils électriques 50 sont radialement empilées avec les côtés plus longs des sections transversales des parties en fente 51 en
20 chevauchement. D'autre part, dans chacune des fentes 34 de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator, les quatre parties radialement internes installées dans les fentes 52 du fil électrique 50 sont radialement empilées avec les côtés plus courts des sections transversales des parties dans
25 les fentes 52 en chevauchement.

Par ailleurs, se référant à la figure 6C, dans le présent mode de réalisation, chacune des fentes 32 pénètre axialement dans la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator de
30 manière à avoir une ouverture sur cette face d'extrémité axiale de la partie radialement externe 31 qui est sur le côté axialement opposé 32a de la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator. Chacune des fentes 34 pénètre axialement dans la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator de manière
35 à avoir une ouverture 34a sur cette face d'extrémité axiale de la partie radialement interne 33 qui est sur le côté axialement opposé à la partie de raccordement 35. En assemblant le stator, la bobine 40 du stator se déplace

axialement vers le noyau 30 du stator du côté opposé à la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator, jusqu'à ce que les parties radialement externes installées dans les fentes 51, les parties radialement internes installées dans les fentes 52 et les parties radialement intermédiaires installées dans les fentes 53 des fils électriques 50 formant la bobine 40 du stator soient respectivement insérées dans les fentes 32, les fentes 34 et les fentes 36 de la partie radialement externe 31, de la partie radialement interne 33 et de la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator.

En outre, dans le présent mode de réalisation, comme représenté dans les figures 7 et 9, les parties radialement intermédiaires installées dans les fentes 53 s'étendent chacune radialement et la bobine 40 du stator n'a aucune partie de pontage qui s'étend dans la direction circonférentielle de la bobine 40 du stator pour ponter les parties radialement intermédiaires installées dans les fentes 53.

Par conséquent, la bobine 40 du stator peut être facilement assemblée au noyau 30 du stator en insérant axialement les parties radialement externes installées dans les fentes 51, les parties radialement internes installées dans les fentes 52 et les parties radialement intermédiaires installées dans les fentes 53 des fils électriques 50 formant le bobine 40 du stator respectivement dans les fentes 32, les fentes 34 et les fentes 36 de la partie radialement externe 31, de la partie radialement interne 33 et de la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator.

En conséquence, comme le montre la figure 10, sur la partie de non liaison 35 à côté du noyau 30 de stator, les parties de spire radialement externes 54 des fils électriques 50 formant la bobine 40 du stator font saillie de la face d'extrémité axiale 31a de la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator, formant une partie d'extrémité radialement externe (ou une extrémité de la bobine radialement externe) 45 de la bobine 40 du stator. Les parties de spire radialement

internes 55 des fils électriques 50 formant la bobine 40 du stator font saillie de la face d'extrémité axiale 33a de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator, formant une partie d'extrémité radialement interne (ou une extrémité 5 de bobine radialement interne) 46 de la bobine 40 du stator.

Par ailleurs, comme illustré à la figure 11, après que le stator est assemblé au rotor 20, les parties radialement externes installées dans les fentes 51 des fils électriques 50 10 formant la bobine 40 du stator regardant la surface radialement externe du noyau 22 de rotor. Les parties radialement internes installées dans les fentes 52 des fils électriques 50 regardent la surface radialement interne du noyau 22 de rotor. Les parties radialement intermédiaires 15 installées dans les fentes dans 53 emplacements parties des fils électriques 50 regardant la face d'extrémité axiale du noyau 22 de rotor qui est composée des faces avant 27c des pièces polaires magnétiques 27 du noyau 22 de rotor.

20 Durant le fonctionnement du moteur 1, le rotor 20 est mis en rotation lors de l'excitation du stator par l'alimentation de la puissance en courant alternatif triphasé d'un onduleur (non représenté) à la bobine 40 du stator. Ensuite, le vilebrequin 12 est entraîné par le rotor 20 de manière à se 25 mettre en rotation avec celui-ci, démarrant ainsi le moteur 10. En outre, pendant le démarrage du moteur 10, le mécanisme d'embrayage 18 interdit la transmission de couple du vilebrequin 12 à l'arbre de transmission 15. Cependant, après le démarrage du moteur 10, le mécanisme d'embrayage 10 permet 30 la transmission de couple du vilebrequin 12 à l'arbre de transmission 15.

Le moteur 1 décrit ci-dessus selon le présent mode de réalisation a les avantages suivants.

35 Dans le présent mode de réalisation, le moteur 1 comporte le rotor 20, le noyau 30 du stator et la bobine 40 du stator. Le rotor 20 comporte le noyau 22 du rotor annulaire. Le noyau 30 du stator a la partie radialement externe 31, la partie

radialement interne 33 et la partie de raccordement 35. La partie radialement externe 31 a une forme annulaire et est radialement située à l'extérieur du noyau 22 de rotor avec l'entrefer magnétique radialement externe 60a formé entre
5 celles-ci. Les fentes 33 de la partie radialement externe 31 sont formées dans la surface radialement interne de la partie radialement externe 31 et espacées dans la direction circonférentielle de la partie radialement externe 31. La partie radialement interne 33 a une forme annulaire et est
10 placée radialement à l'intérieur du noyau 22 de rotor avec l'entrefer magnétique radialement interne 60b formé entre ceux-ci. Les fentes 34 de la partie radialement interne 33 sont formées dans la surface radialement externe de la partie radialement interne 33 et espacées dans la direction
15 circonférentielle de la partie radialement interne 33. La partie de raccordement 35 s'étend radialement pour relier les parties radialement externes et internes 31 et 33. La partie de raccordement 35 est placée sur un côté axial du noyau 22 de rotor avec l'entrefer magnétique axial 60c formé entre ceux-
20 ci. Chacune des fentes 36 de la partie de raccordement 35 est formée, dans cette face d'extrémité axiale de la partie de raccordement 35 qui regarde le noyau 22 du rotor, de sorte à communiquer avec une paire correspondante des fentes 32 et 34 des parties radialement externes et radialement internes 31 et
25 33. La bobine 40 du stator est formée des fils électriques 50 montés sur le noyau 30 du stator. Chacun des fils électriques 50 possède les parties radialement externes installées dans les fentes 51, les parties radialement internes installées dans les fentes 52 et les parties radialement intermédiaires
30 installées dans les fentes 53. Chacune des parties radialement externes installées dans les fentes 51 est reçue dans une fente correspondante parmi les fentes 32 de la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator. Chacune des parties radialement internes installées dans les fentes 52 est
35 reçue dans une fente correspondante parmi les fentes 34 de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator. Chacune des parties radialement intermédiaires installées dans les fentes 53 est reçue dans une fente correspondante parmi les

fentes 36 de la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator.

Avec la configuration ci-dessus, la partie radialement
5 externe 31 et la partie radialement interne 32 du noyau 30 de stator sont reliées par la partie de raccordement 35, conférant ainsi au noyau 30 du stator une structure monobloc. Par conséquent, il est possible d'obtenir la concentricité élevée de la partie radialement externe 31 et de la partie
10 radialement interne 32. Par ailleurs, il est inutile d'agencer un élément de raccordement supplémentaire pour relier les parties radialement externes et internes 31 et 33 axialement à l'extérieur des parties d'extrémité 45 et 46 de la bobine 40 du stator. Par conséquent, il est possible de minimiser la
15 longueur axiale totale du moteur 1, ce qui attribue au moteur 1 une forme plate. En conséquence, le moteur 1 peut être convenablement disposé dans l'espace étroit entre le moteur 10 et la transmission du véhicule hybride.

20 En outre, avec la configuration ci-dessus, les fils électriques 50, forment ensemble la seule bobine 40 du stator. En d'autres termes, une seule bobine de stator est prévue dans le moteur 1. De plus, la bobine 40 du stator est montée sur le noyau de stator structuré en monobloc 30. Par conséquent, il
25 est possible de simplifier le processus d'assemblage du moteur 1, améliorant ainsi la productivité.

En outre, avec la configuration ci-dessus, le noyau 20 du rotor et le noyau 30 du stator se regardent à travers
30 l'entrefer magnétique radialement externe 60a, l'entrefer magnétique radialement interne 60b et l'entrefer magnétique axial 60c formés entre eux. En d'autres termes, le nombre d'entrefers magnétiques formés entre le noyau 20 du rotor et le noyau 30 du stator est égal à 3. Par conséquent, il est
35 possible d'augmenter la quantité du flux magnétique transféré entre le rotor 20 et le stator, ce qui améliore la performance du moteur 1.

Dans le présent mode de réalisation, le nombre des fentes 32 de la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator est égale à celle des fentes 34 de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator. Chacune des fentes 32 de la
5 partie radialement externe 31 s'aligne radialement avec une fente correspondante parmi les fentes 34 de la partie radialement interne 33. Chacune des fentes 36 de la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator s'étend radialement de façon à communiquer avec la paire correspondante des fentes 32
10 et 34 des parties radialement externes et radialement internes 31 et 33 qui s'alignent radialement.

Avec la configuration ci-dessus, il est possible d'augmenter encore la quantité du flux magnétique transféré
15 entre le rotor 20 et le stator, ce qui améliore davantage la performance du moteur 1.

En outre, dans le présent mode de réalisation, chacune des fentes 32 de la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator s'étend axialement de sorte à avoir l'ouverture 32a sur
20 cette face d'extrémité axiale de la partie radialement externe 31 qui est sur le côté axialement opposé à la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator. Chacune des fentes 34 de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator
25 s'étend axialement de sorte à avoir l'ouverture 34a sur cette face d'extrémité axiale de la partie radialement interne 33 qui se trouve sur le côté axialement opposé à la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator. Les fils électriques 50 formant la bobine 40 du stator sont montés sur le noyau 30 du
30 stator par déplacement axial des fils électriques 50 vers le noyau 30 du stator du côté opposé à la partie de raccordement 35 jusqu'à ce que les parties radialement externes installées dans les fentes 51, les parties radialement internes installées dans les fentes 52 et les parties radialement
35 intermédiaires installées dans les fentes 53 des fils électriques 50 soient respectivement insérées dans les fentes 32, 34 et 36 de la partie radialement externe 31, de la partie

radialement interne 33 et de la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator.

5 Avec la configuration ci-dessus, il est possible d'assembler facilement le noyau 30 du stator et la bobine 40 du stator ensemble. En d'autres termes, il est possible de simplifier considérablement le montage de la bobine 40 du stator au noyau 30 du stator. Par ailleurs, il est possible de former le noyau 30 du stator et la bobine 40 du stator
10 séparément ; par conséquent, il est possible de former facilement et efficacement chacun du noyau 30 de stator et de la bobine 40 du stator à haute précision. En conséquence, il est possible d'obtenir un faible coût et une haute qualité du stator.

15

Dans le présent mode de réalisation, chacun des fils électriques 50 a les parties de spire radialement externes 54 et les parties de spire radialement internes 55 en plus des parties radialement externes installées dans les fentes 51,
20 des parties radialement internes installées dans les fentes 52 et des parties radialement intermédiaires installées dans les fentes 53. Chacune des parties de spire radialement externes 54 est placée en dehors des fentes 32 de la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator et relie une paire adjacente
25 correspondante des parties radialement externes installées dans les fentes 51 du fil électrique 50. Chacune des parties de spire radialement internes 55 est placée en dehors des fentes 34 de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator et relie une paire adjacente correspondante des parties
30 radialement internes installées dans les fentes 52 du fil électrique 50.

Avec la configuration ci-dessus, il est possible de former d'abord les fils électriques 50 séparément, de les assembler
35 ensuite de manière prédéterminée pour former la bobine 40 du stator qui peut être facilement montée sur le noyau 30 du stator.

Dans le présent mode de réalisation, chacun des fils électriques 50 formant la bobine du stator 40 a une section transversale rectangulaire perpendiculaire à sa direction longitudinale.

5 Avec la configuration ci-dessus, il est possible d'obtenir des facteurs d'espace élevés des fils électriques 50 dans les fentes 32, 34 et 36 du noyau 30 de stator.

Dans le présent mode de réalisation, chacune des parties
10 radialement intermédiaires installées dans les fentes 53 des fils électriques 50 formant la bobine 40 du stator s'étend radialement entre la partie radialement externe 31 et la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator et est tordue par rapport à son centre radial de 90°. Dans chacune
15 des fentes 32 de la partie radialement externe 31 du noyau 30 de stator, un nombre prédéterminé (par exemple, 4 dans le présent mode de réalisation) des parties radialement externes installées dans les fentes 51 des fils électriques 50 sont radialement empilées avec les côtés plus longs de ses sections
20 transversales en chevauchement. Dans chacune des fentes 34 de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator, un nombre prédéterminé (par exemple, 4 dans le présent mode de réalisation) des parties radialement internes installées dans les fentes 52 des fils électriques 50 sont radialement
25 empilées avec les côtés plus petits de ses sections en chevauchement.

Avec la configuration ci-dessus, il est possible de réduire la largeur circonférentielle des parties radialement
30 internes installées dans les fentes 52 des fils électriques 50. Par conséquent, il est possible de réduire en conséquence la largeur circonférentielle des fentes 34 de la partie radialement interne 33 du noyau 30 de stator, augmentant ainsi la largeur circonférentielle des dents de la partie
35 radialement interne 33. En conséquence, il est possible d'améliorer les performances du moteur 1.

Pour comparer la performance du moteur 1 selon le présent mode de réalisation avec celle d'un moteur conventionnel, une analyse numérique et un test sont réalisés pour chacun du moteur 1 et du moteur conventionnel. Il est à noter que le
 5 moteur 1 ne comporte aucun aimant permanent, tandis que le moteur conventionnel est un moteur de type à aimant permanent.

Les résultats de l'analyse numérique et du test sont présentés dans le Tableau 1.

10

TABLEAU 1

	Moteur 1	Moteur Conventionnel
Longueur Axiale Totale (mm)	40	50
Quantité Utilisée de Matériau de Terres Rares (g)	0	500
Résultat d'analyse (150 ARMS, 100°C)	Couple 118 Nm/1000 tours minute	Couple 113Nm/1000 tours minute
Résultat du test	Couple 111 Nm/1000 tours minute	Couple 110Nm/1000 tours minute

D'après le TABLEAU 1, la longueur axiale totale du moteur 1 selon le présent mode de réalisation est réduite de 20% en
 15 comparaison avec celle du moteur conventionnel. En outre, contrairement au moteur conventionnel, le moteur 1 selon le présent mode de réalisation ne comporte aucun aimant permanent et donc aucun matériau des terres rares n'est utilisé dans le moteur 1. En conséquence, le coût de fabrication du moteur 1
 20 est réduit d'au moins 6000 yens japonais en comparaison avec celui du moteur conventionnel. En outre, si le moteur 1 selon le présent mode de réalisation ne comporte aucun aimant

permanent, il peut encore délivrer en sortie un plus grand couple que le moteur conventionnel.

Deuxième Mode de Réalisation

5 La figure 12 montre la configuration générale d'une machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Dans ce mode de réalisation, la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples est configurée comme un
10 moteur-roue 101 pour un véhicule électrique.

Plus précisément, comme représenté sur la figure 12, le moteur-roue 101 comporte un boîtier 102 et un arbre rotatif 103. Le boîtier 102 est monté sur la carrosserie du véhicule
15 par l'intermédiaire d'une suspension (non représentée). L'arbre rotatif 103 est un moyeu 104 formé à son extrémité (par exemple, l'extrémité gauche de la figure 12) qui fait saillie vers l'extérieur du boîtier 102. Une roue 105 est fixée au moyeu 104, au moyen de goujons 106.

20 Le boîtier 102 se compose d'une pièce de boîtier externe essentiellement en forme de coupe 107 et d'une pièce de boîtier interne 108. La pièce de boîtier interne 108 est fixée à la pièce de boîtier externe 107 au moyen de boulons (non montrés) de sorte à couvrir l'extrémité ouverte de la pièce de
25 boîtier externe 107. Chacune des pièces de boîtiers externe et interne 107 et 108 a une ouverture formée à son centre. L'arbre rotatif 103 est inséré dans le boîtier 102 par l'ouverture de la pièce de boîtier externe 107 et a l'autre extrémité (c.-à-d., l'extrémité droite de la figure 12)
30 faisant saillie à l'extérieur du boîtier 102 par l'ouverture de la pièce de boîtier interne 108.

Le moteur-roue 101 comporte en outre un rotor 20, un ensemble de roulement 110, un noyau 30 de stator et une bobine
35 40 de stator, qui sont tous disposés dans le boîtier 102. Le rotor 20 comporte un noyau 22 de rotor et une partie d'insertion d'arbre 122. Le noyau 22 de rotor, le noyau 30 de stator et la bobine 40 de stator dans ce mode de réalisation

sont respectivement identiques à ceux du premier mode de réalisation. Par conséquent, seul l'ensemble de roulement 110 et la partie d'insertion d'arbre 122 du rotor 20 seront décrits plus loin.

5

L'ensemble de roulement 110 est pourvu de manière à supporter en rotation l'arbre rotatif 103. L'ensemble de roulement 110 comporte une paire de roulements à billes externe et interne 111 et 112, une boîte de roulement cylindrique creuse 113, et une paire de collerettes de roulement 115 et 116. La boîte de roulement 113 est
10 intégralement formée avec la pièce de boîtier interne 108. Les roulements à billes externe et interne 111 et 112 et la collerette de roulement 115 sont disposés dans la boîte de
15 roulement 113, tandis que la collerette de roulement 116 est placée en dehors de la boîte de roulement 113. La partie d'insertion d'arbre 122 du rotor 20 est insérée dans les roulements à billes externe et interne 111 et 112, de sorte que le rotor 20 soit supporté en rotation par la pièce de
20 boîtier interne 108 via les roulements à billes 111 et 112.

L'arbre rotatif 103 est inséré dans la partie d'insertion d'arbre 122 du rotor 20 et ajusté par dentelures à la partie d'insertion d'arbre 122 de sorte à se mettre en rotation avec
25 celui-ci. Par conséquent, le rotor 20 et l'arbre rotatif 103 sont supportés en rotation dans le boîtier 102 via l'ensemble de roulement 110. En outre, les roulements à billes externe et interne 111 et 112 de l'ensemble de roulement 110 sont disposés de façon que le centre de gravité du rotor 20 et le
30 centre de gravité de l'arbre rotatif 103 soient axialement positionnés entre les roulements à billes 111 et 112.

Le moteur-roue décrit ci-dessus 101 selon le présent mode de réalisation a les mêmes avantages que le moteur électrique
35 directement couplé au moteur 1 selon le premier mode de réalisation.

Par exemple, comme représenté sur les figures 12 et 13, la longueur axiale totale du moteur-roue 101 selon le présent mode de réalisation est réduite de 35% en comparaison avec celle du moteur-roue divulgué dans la Demande de Brevet Japonais Publiée N° 2007-282331.

En outre, puisque le moteur-roue 101 comporte une seule bobine de stator (c.-à-d., la bobine de stator 40), il est possible de réduire le poids du moteur-roue 101 et donc le poids global de la roue. Par conséquent, il est possible d'améliorer la performance de roulement de la roue. Par ailleurs, avec la réduction de la longueur axiale totale du moteur-roue 101, il est possible de fournir un espace augmenté disponible pour l'installation, par exemple, d'un frein à disque. Par conséquent, il est possible aussi d'améliorer la performance de freinage de la roue.

Troisième mode de réalisation

Dans les modes de réalisation précédents, le noyau 22 de rotor ne comporte aucun aimant permanent. En comparaison, une machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon un troisième mode de réalisation de l'invention a un noyau 220 de rotor qui comporte une pluralité d'aimants permanents 29.

25

Plus précisément, en se référant aux figures 14 et 15, dans le présent mode de réalisation, le noyau 220 de rotor a une forme annulaire et est réalisé en un matériau magnétique. Dans le noyau 220 de rotor, plusieurs (par exemple, 16) trous rectangulaires 28 qui s'étendent dans la direction axiale du noyau 220 de rotor pour pénétrer dans le noyau 220 de rotor sont formés et sont espacés dans la direction circonférentielle du noyau 220 de rotor à des intervalles égaux.

30

Dans chacun des trous rectangulaires 28 du noyau 220 de rotor, un aimant correspondant parmi les aimants permanents 29 est intégré. De plus, les aimants permanents 29 sont disposés de sorte à former une pluralité (par exemple, 16) de pôles

35

magnétiques sur chacune des périphéries radialement externe et interne du noyau 220 de rotor ; les polarités des pôles magnétiques s'alternent entre nord et sud dans la direction circonférentielle du noyau 220 de rotor. En outre, les aimants permanents 29 sont réalisés en un matériau des terres rares.

En outre, dans le présent mode de réalisation, la surface radialement externe du noyau 220 de rotor comporte une section droite entre chaque paire circonférentiellement adjacente des aimants permanents 29. Autrement dit, le degré d'évidement de la surface radialement externe du noyau 220 de rotor est réduit en comparaison avec celui de la surface radialement externe du noyau 22 de rotor dans les modes de réalisation précédents. Par ailleurs, pour le noyau de rotor 220 qui a de petits diamètres externe et interne, la contribution de la surface radialement interne à la génération du couple de réluctance est faible. Par conséquent, aucun évidement n'est formé dans la surface radialement interne du noyau 220 de rotor.

20

La machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon le présent mode de réalisation a les mêmes avantages que ceux en fonction des modes de réalisation précédents.

25

Par ailleurs, comparé à une machine électrique rotative, de type à aimant permanent, à entrefer magnétique unique conventionnelle, la quantité du matériau des terres rares utilisé dans la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon le présent mode de réalisation est réduite de moitié ; la longueur axiale totale de la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples est réduite de 25%.

30

Par ailleurs, dans le présent mode de réalisation, le degré d'évidement de la surface radialement externe du noyau 220 du rotor est réduit, assurant ainsi une grande contribution des aimants permanents 29 au couple de la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples. En

35

outre, si le degré d'évidement de la surface radialement externe du noyau 220 de rotor est fixé à zéro, il serait impossible d'obtenir couple de réluctance. Par conséquent, dans le présent mode de réalisation, le degré d'évidement de la surface radialement externe est fixé à une valeur optimale en fournissant les sections droites dans la surface radialement externe.

Tandis que les modes de réalisation particuliers ci-dessus ont été montrés et décrits, il sera entendu par les hommes du métier que plusieurs modifications, changements et améliorations peuvent être apportés sans s'écarter de l'esprit de l'invention.

Par exemple, dans les modes de réalisation précédents, le noyau 30 du stator est obtenu en formant d'abord la partie radialement externe 31, la partie radialement interne 33 et la partie de raccordement 35 séparément en stratifiant des tôles d'acier magnétique et en les réunissant ensuite en une seule pièce. Cependant, le noyau 30 de stator peut également être obtenu en formant intégralement toutes les parties 31, 33 et 35 du noyau 30 de stator ensemble comme, par exemple, un noyau de puissance comprimé ou un noyau fritté.

Par ailleurs, dans les modes de réalisation précédents, les épaisseurs axiales du noyau 22 de rotor et de la partie radialement externe 31, de la partie radialement interne 33 et de la partie de raccordement 35 du noyau 30 de stator ne sont pas décrites. Toutefois, ces épaisseurs axiales peuvent être réglées à leurs valeurs optimales respectives.

En outre, en termes d'augmentation de la quantité du flux magnétique transféré entre le noyau 22 de rotor unique et les trois parties 31, 33 et 35 du noyau 30 de stator, il est préférable que l'épaisseur axiale du noyau 22 de rotor soit configurée de manière à être grande. Toutefois, en se référant de nouveau à la figure 1, si l'épaisseur axiale du noyau 22 du rotor est configurée de manière à être très grande, le disque

21 de rotor peut faire saillie axialement à l'extérieur de la partie d'extrémité radialement externe 45 de la bobine 40 du stator, ce qui augmente la longueur axiale totale de la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples.

5 En conséquence, l'épaisseur axiale du noyau 22 de rotor est de préférence établie aussi grande que possible dans la mesure où le disque 21 du rotor ne fait pas axialement saillie à l'extérieur de la partie d'extrémité radialement externe 45 de la bobine 40 du stator.

REVENDICATIONS

1. Machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples, comprenant :

- 5 un rotor comportant un noyau de rotor annulaire ;
un noyau de stator comprenant une partie radialement externe, une partie radialement interne et une partie de raccordement, la partie radialement externe présentant une forme annulaire et se trouvant radialement à l'extérieur du
10 noyau de rotor avec un entrefer magnétique radialement externe formé entre la partie radialement externe et le noyau de rotor, la partie radialement externe comprenant une pluralité de fentes qui sont formées dans sa surface radialement interne et espacées dans sa direction circonférentielle, la partie
15 radialement interne présentant une forme annulaire et étant placée radialement à l'intérieur du noyau de rotor avec un entrefer magnétique radialement interne formé entre elle et le noyau de rotor, la partie radialement interne comprenant une pluralité de fentes qui sont formées dans sa surface
20 radialement externe et espacées dans sa direction circonférentielle, la partie de raccordement s'étendant radialement pour relier les parties radialement externes et les parties radialement internes, la partie de raccordement étant placée sur un côté axial du noyau de rotor avec un
25 entrefer magnétique axial formé entre elle et le noyau de rotor, la partie de raccordement comprenant une pluralité de fentes chacune desquelles est formée dans sa face d'extrémité axiale qui regarde le noyau de rotor de sorte à communiquer avec une paire correspondante parmi les fentes des parties
30 radialement externes et des parties radialement internes ; et
une bobine de stator formée d'une pluralité de fils électriques montés sur le noyau de stator, chacun des fils électriques ayant une pluralité de parties radialement
35 radialement internes installées dans les fentes, une pluralité de parties radialement internes installées dans les fentes et une pluralité de parties radialement intermédiaires installées dans les fentes, chacune des parties radialement externes installées dans les fentes étant reçue dans une fente

correspondante parmi les fentes de la partie radialement externe du noyau de stator, chacune des parties radialement internes installées dans les fentes étant reçue dans une fente correspondante parmi les fentes de la partie radialement interne du noyau de stator, chacune des parties radialement intermédiaires installées dans les fentes étant reçue dans une fente correspondante parmi les fentes de la partie de raccordement du noyau de stator.

2. Machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon la revendication 1, dans laquelle chacun du noyau de rotor et du noyau de stator est réalisé en un matériau magnétique.

3. Machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon la revendication 1, dans laquelle le nombre de fentes de la partie radialement externe du noyau de stator est égal à celui des fentes de la partie radialement interne du noyau de stator,

chacune des fentes de la partie radialement externe s'aligne radialement avec une fente correspondante parmi les fentes de la partie radialement interne, et

chacune des fentes de la partie de raccordement du noyau de stator s'étend radialement de sorte à communiquer avec la paire de fentes correspondante parmi les fentes des parties radialement internes et radialement externes qui s'alignent radialement.

4. Machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon la revendication 3, dans laquelle chacune des fentes de la partie radialement externe du noyau de stator s'étend axialement de sorte à avoir une ouverture sur une face d'extrémité axiale de la partie radialement externe qui est sur le côté axialement opposé à la partie de raccordement du noyau de stator,

chacune des fentes de la partie radialement interne du noyau de stator s'étend axialement de sorte à avoir une ouverture sur une face d'extrémité axiale de la partie radialement interne qui est sur le côté axialement opposé à la partie de raccordement du noyau de stator, et

les fils électriques formant la bobine de stator sont montés sur le noyau de stator en déplaçant axialement les fils électriques vers le noyau de stator du côté opposé à la partie de raccordement jusqu'à ce que les parties radialement
5 externes installées dans les fentes, les parties radialement internes installées dans les fentes et les parties radialement intermédiaires installées dans les fentes soient respectivement insérées dans les fentes de la partie radialement externe, les fentes de la partie radialement
10 interne et les fentes de la partie de raccordement du noyau de stator.

5. Machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon la revendication 1, dans laquelle chacun des fils électriques formant la bobine de stator a en outre une
15 pluralité de parties de spire radialement externes et une pluralité de parties de spire radialement internes,

chacune des parties de spire radialement externes est placée en dehors des fentes de la partie radialement externe du noyau de stator et relie une paire de parties adjacentes
20 correspondante parmi les parties radialement externes installées dans les fentes du fil électrique, et

chacune des parties de spire radialement internes est placée en dehors des fentes de la partie radialement interne du noyau de stator et relie une paire de parties adjacentes
25 correspondante parmi les parties radialement internes installées dans les fentes du fil électrique.

6. Machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon la revendication 1, dans laquelle chacun des fils électriques formant la bobine de stator a une section
30 transversale rectangulaire perpendiculaire à sa direction longitudinale.

7. Machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon la revendication 6, dans laquelle chacune des parties radialement intermédiaires installées dans les fentes
35 des fils électriques formant la bobine de stator s'étend radialement entre la partie radialement externe et la partie radialement interne du noyau de stator et est torsadée de 90° par rapport à son centre radial,

dans chacune des fentes de la partie radialement externe du noyau de stator, un nombre prédéterminé des parties radialement externes installées dans les fentes des fils électriques sont radialement empilées, les côtés plus longs de
5 leurs sections transversales se chevauchant entre eux, et

dans chacune des fentes de la partie radialement interne du noyau de stator, un nombre prédéterminé des parties radialement internes installées dans les fentes des fils électriques sont radialement empilées, les côtés plus courts
10 de leurs sections transversales se chevauchant entre eux.

8. Machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon la revendication 1, dans laquelle la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples est configurée en tant que moteur électrique directement couplé à
15 un moteur qui est agencé entre un moteur et une transmission dans un véhicule hybride.

9. Machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples selon la revendication 1, dans laquelle la machine électrique rotative à entrefers magnétiques multiples est
20 configurée en tant que moteur-roue pour un véhicule électrique.

1/12

FIG. 1

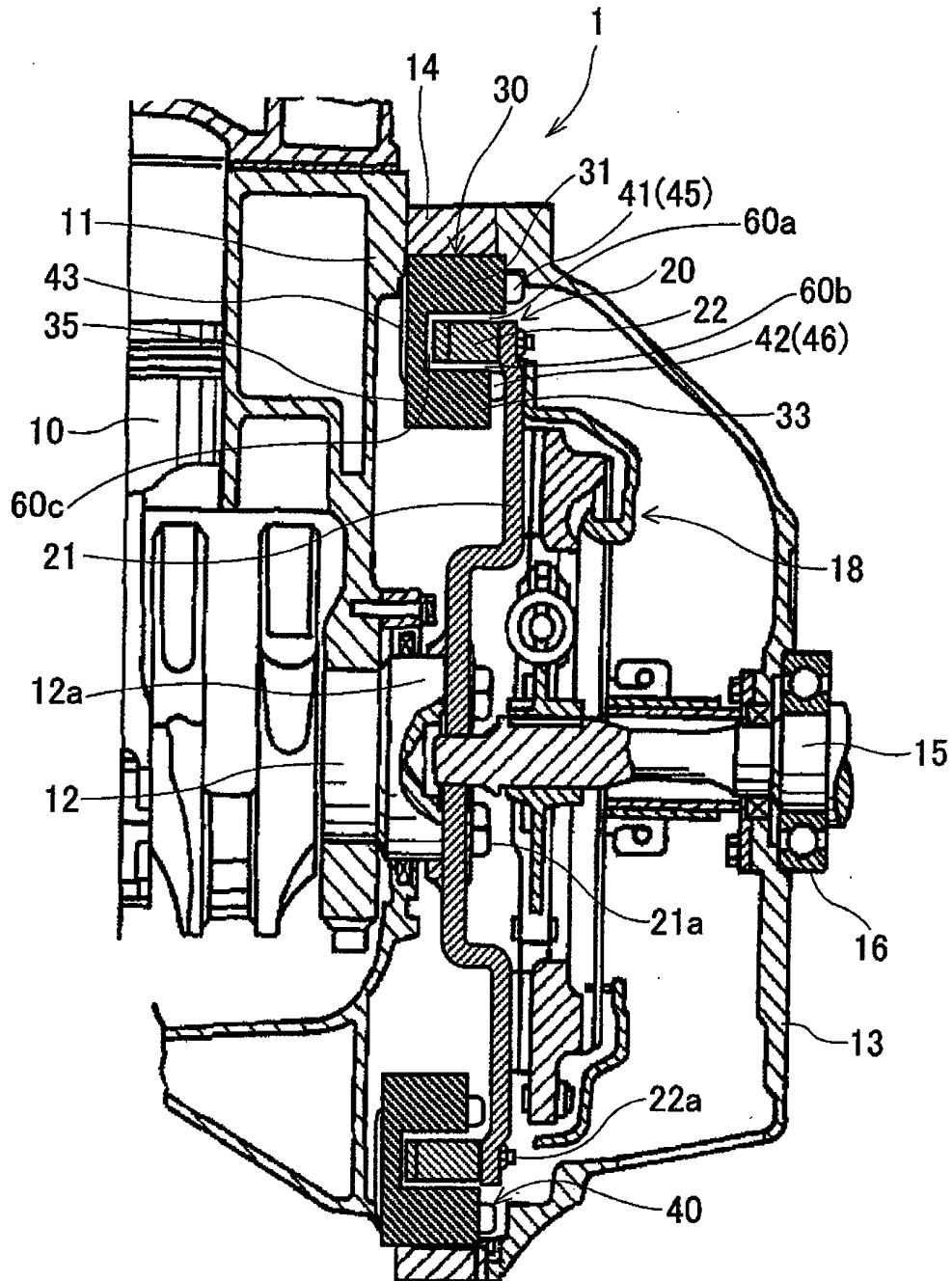
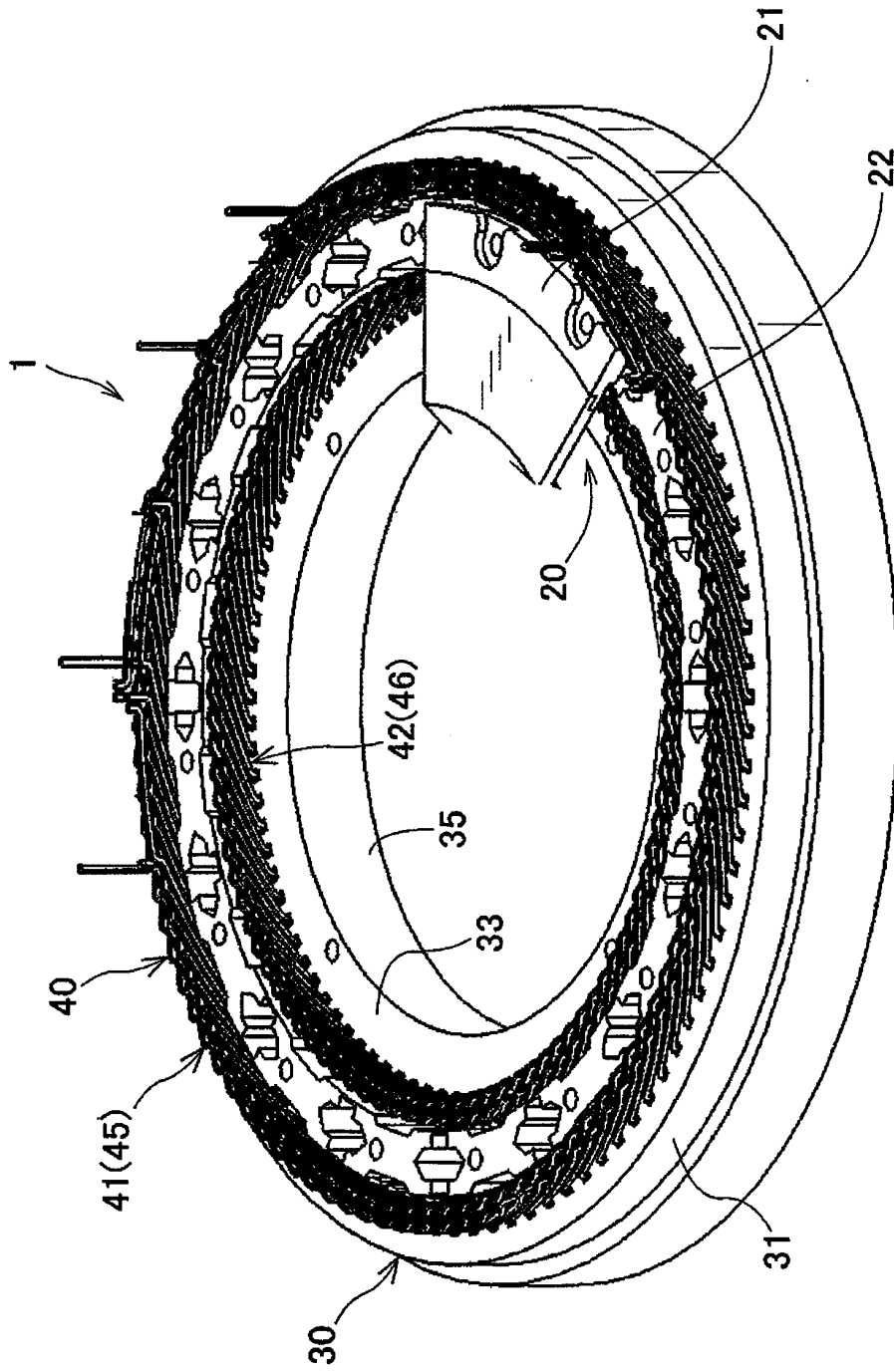
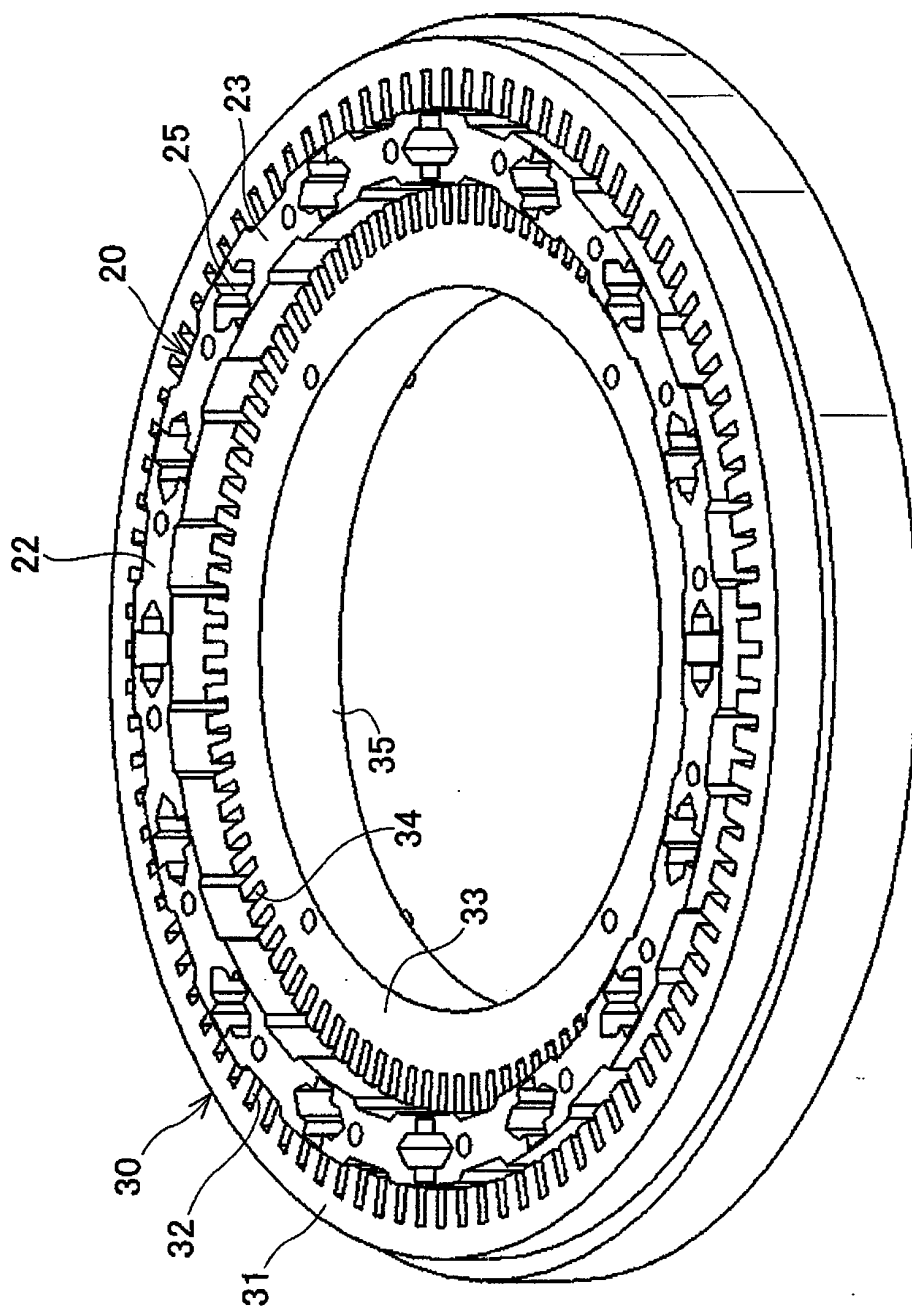


FIG.2



3/12

FIG. 3



4/12

FIG. 4

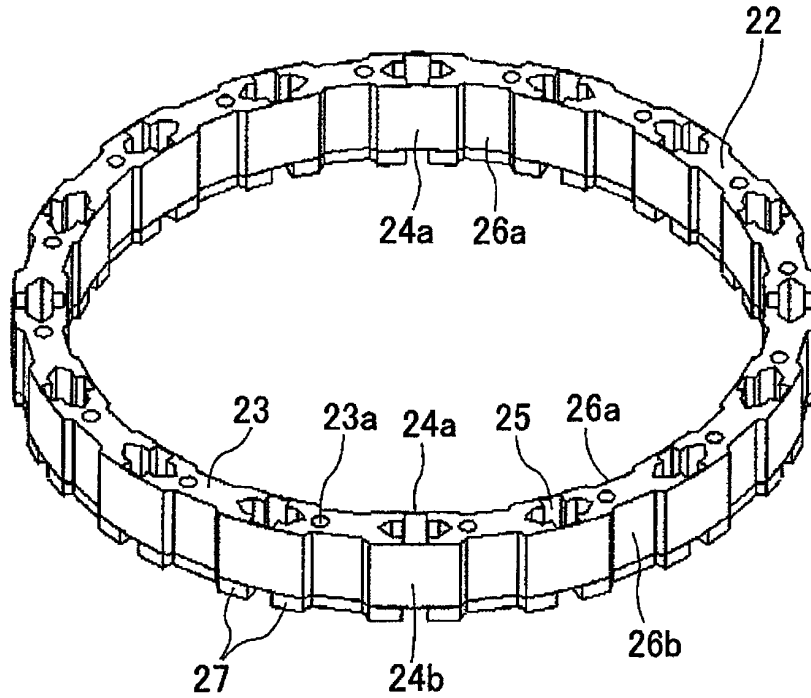


FIG. 5A

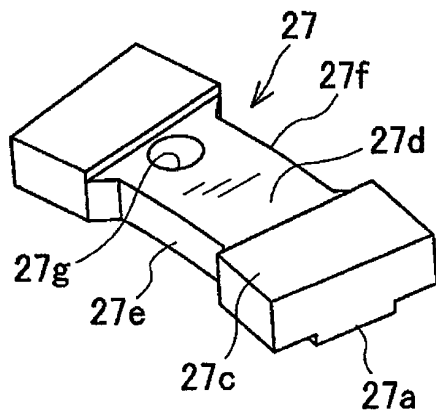
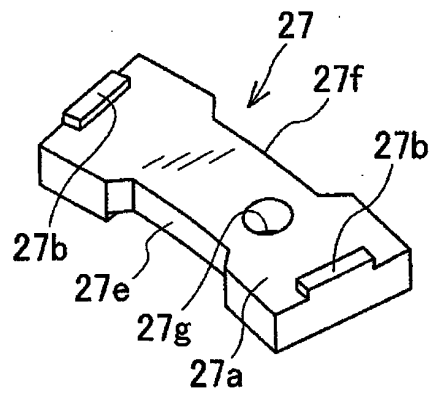


FIG. 5B



5/12

FIG. 6A

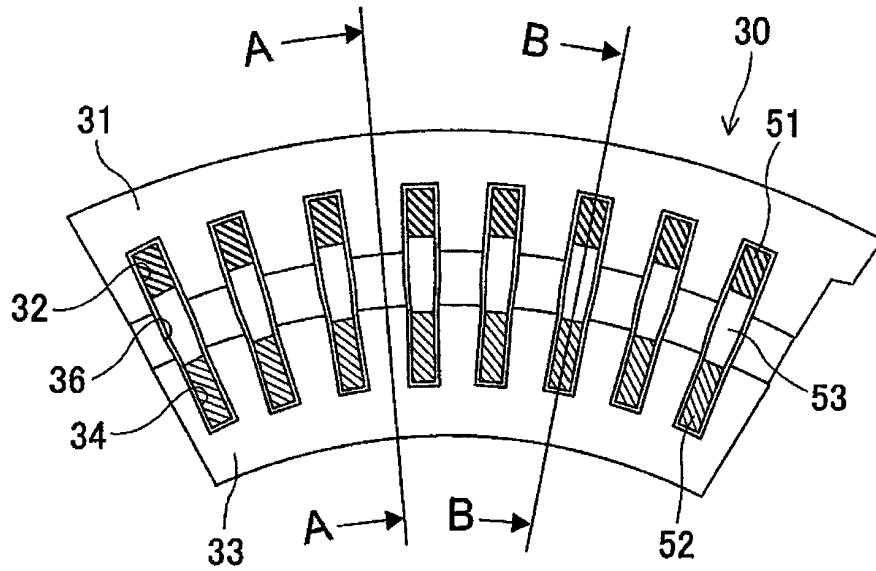


FIG. 6B

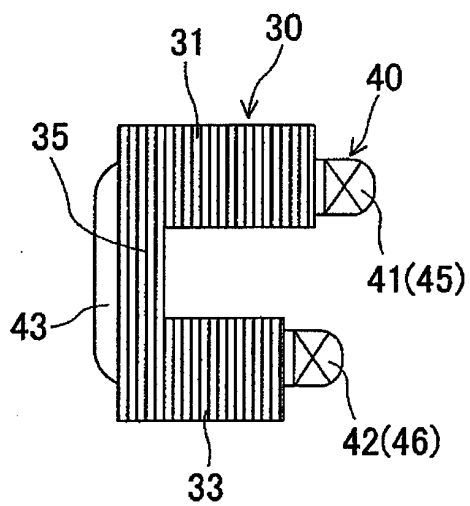


FIG. 6C

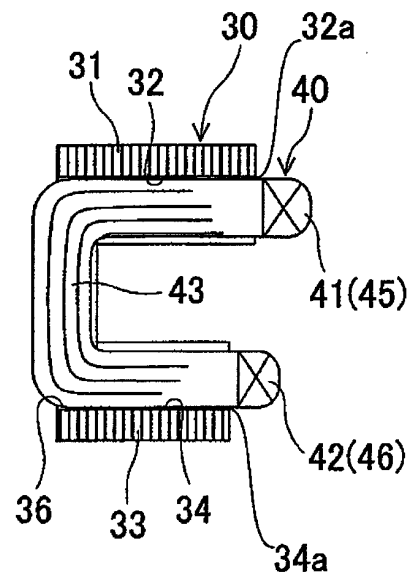


FIG. 7

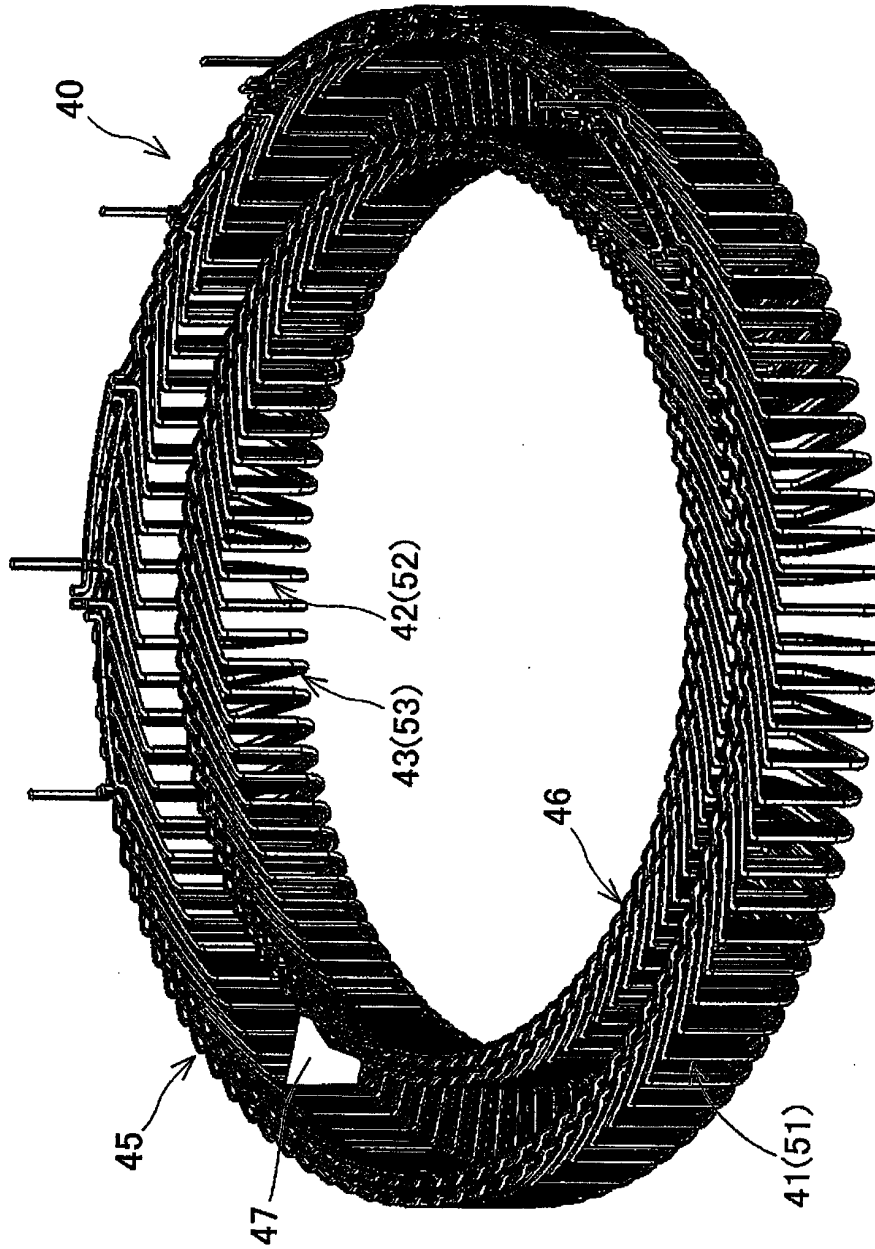
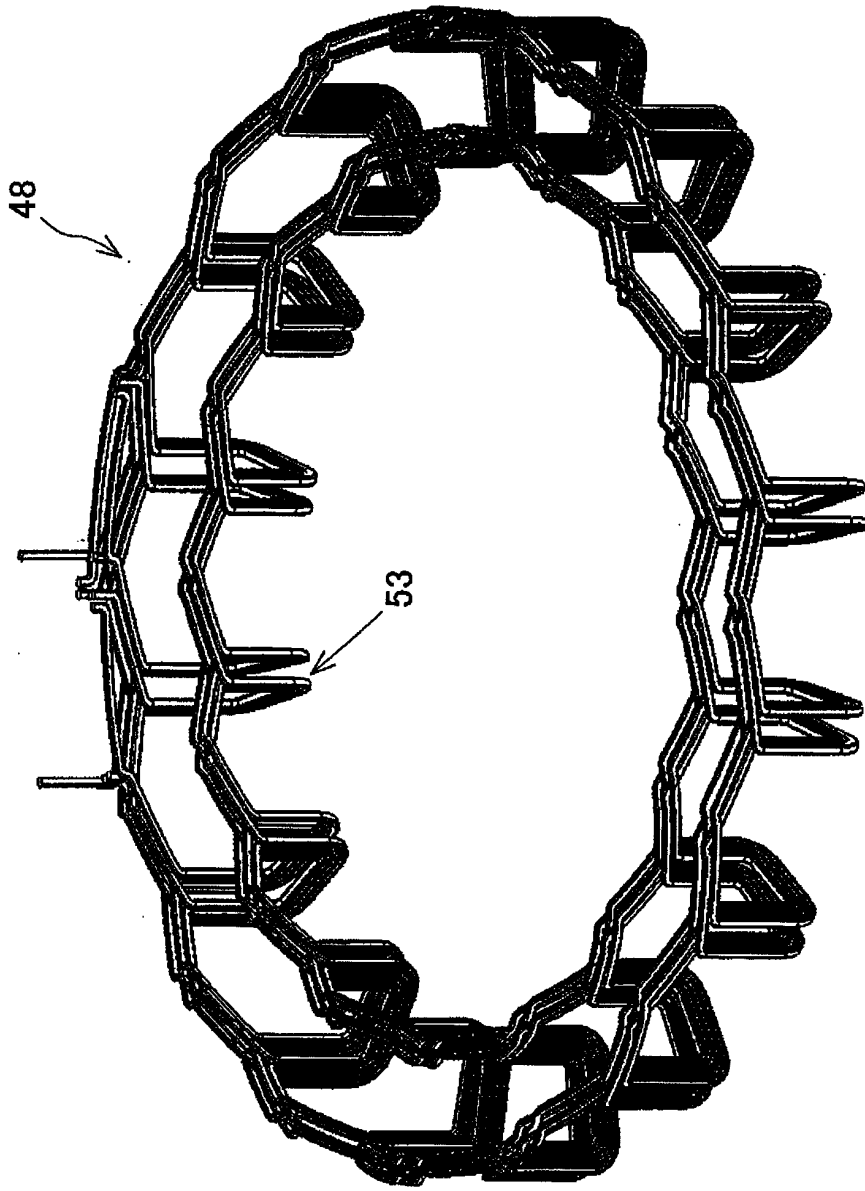


FIG. 9



9/12

FIG. 10

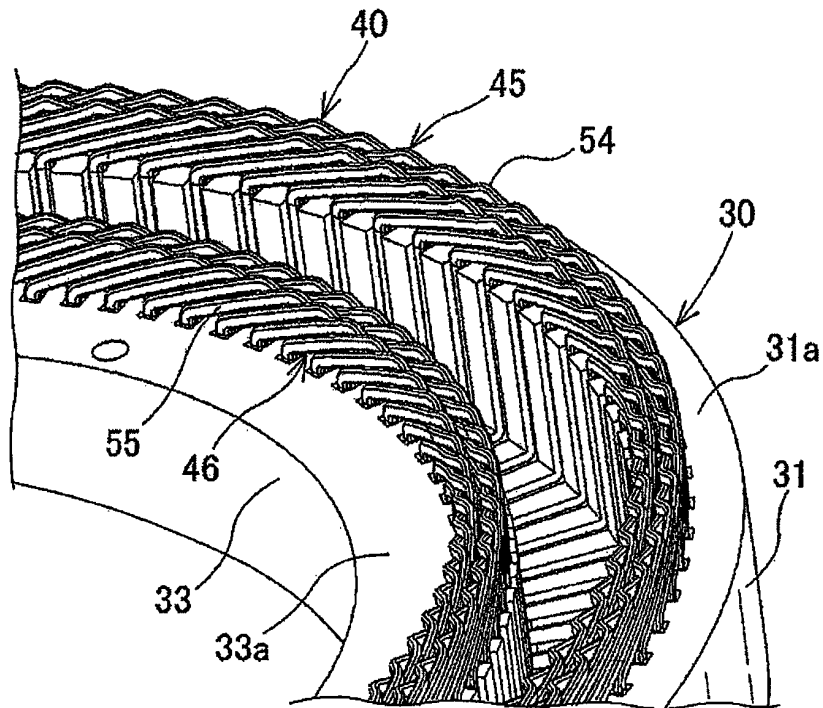
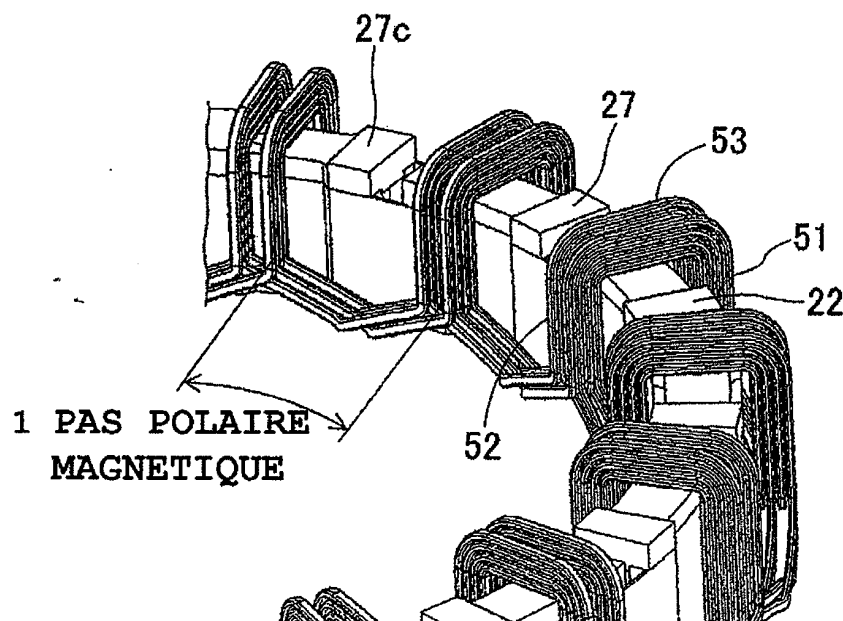
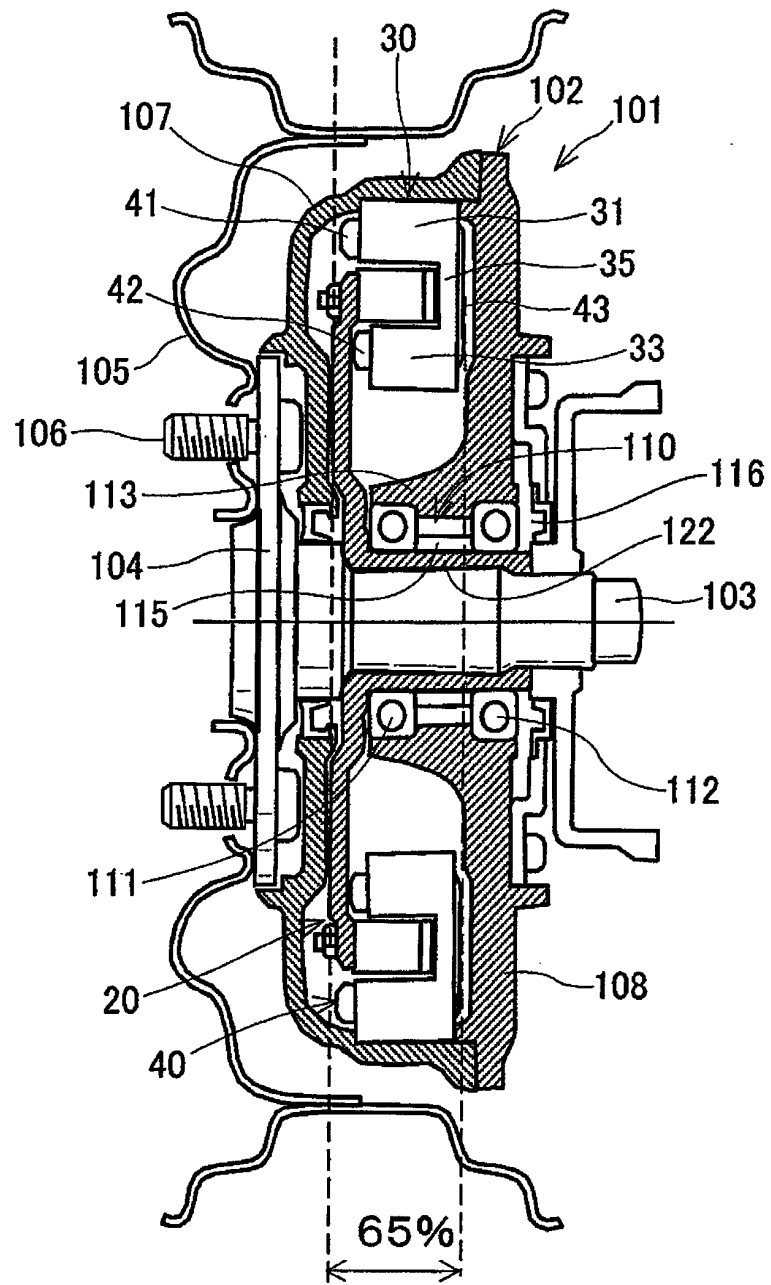


FIG. 11



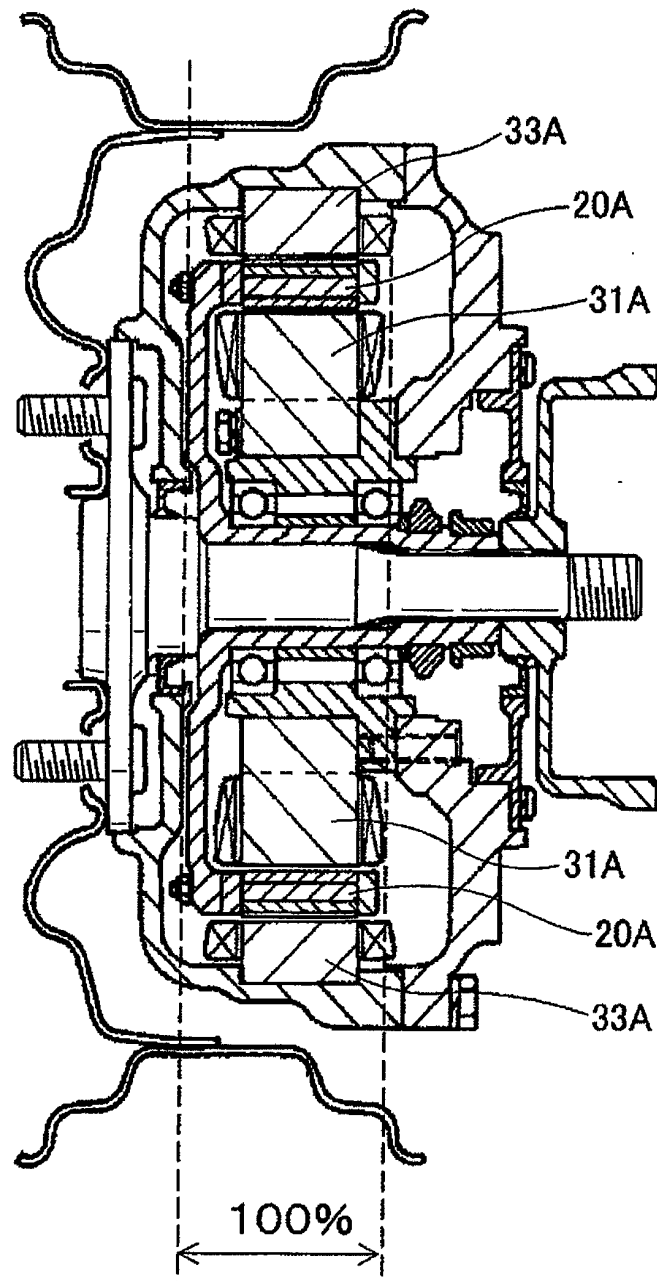
10/12

FIG. 12



11/12

FIG. 13
(ART ANTERIEUR)



12/12

FIG. 14

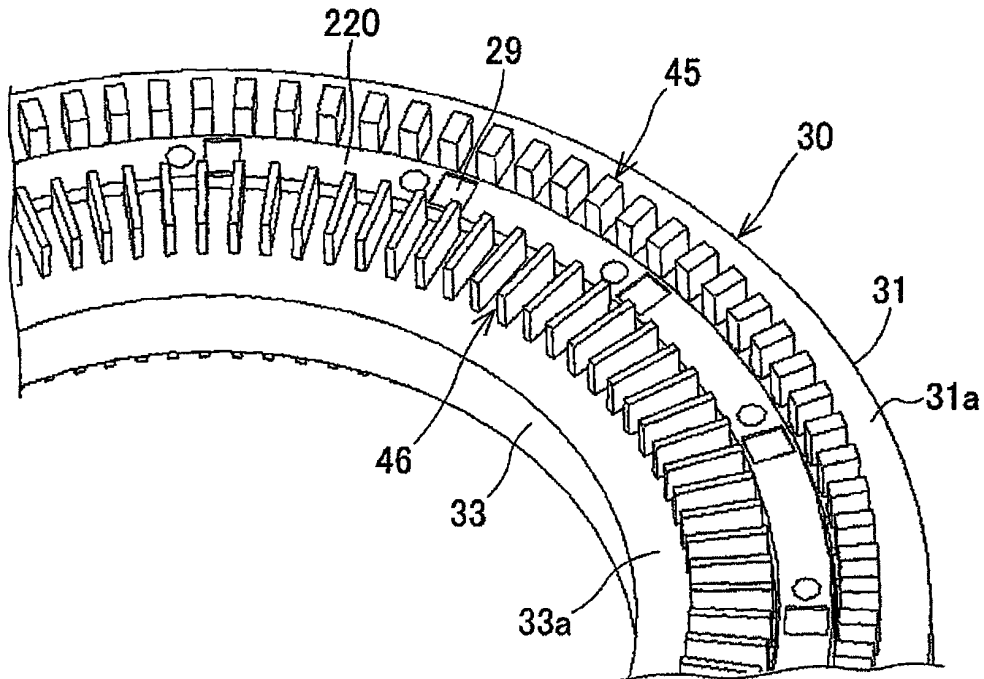


FIG. 15

