

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/079427 A2

(43) Date de la publication internationale
26 mai 2016 (26.05.2016)

(51) Classification internationale des brevets :
H02K 1/24 (2006.01) H02K 1/06 (2006.01)
H02K 5/24 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/053118

(22) Date de dépôt international :
18 novembre 2015 (18.11.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1461265 20 novembre 2014 (20.11.2014) FR

(71) Déposant : VALEO SYSTEMES DE CONTROLE MO-
TEUR [FR/FR]; 14 avenue des Béguines, F-95800 Cergy
Saint Christophe (FR).

(72) Inventeurs : AYAD, Yacine; 154, Rue Armand Silvestre,
F-92400 Courbevoie (FR). GUERBAOUI, Samir; 2 im-
passe Caron, F-60850 Puisieux En Bray (FR). SALEM-
BERE, Abdou; 14 Chemin de l'Herse, F-86100 Chatelle-
rault (FR).

(74) Mandataire : GARCIA, Christine; Valeo Systemes De
Contrôle Moteur, 14 avenue des Béguines, F-95800 Cergy
Saint Christophe (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 :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))

(54) Title : ELECTRIC MACHINE WITH AN ASYMMETRIC ROTOR FOR USE IN A MOTOR VEHICLE

(54) Titre : MACHINE ÉLECTRIQUE À ROTOR ASYMÉTRIQUE POUR APPLICATION DANS UN VÉHICULE AUTOMO-
BILE

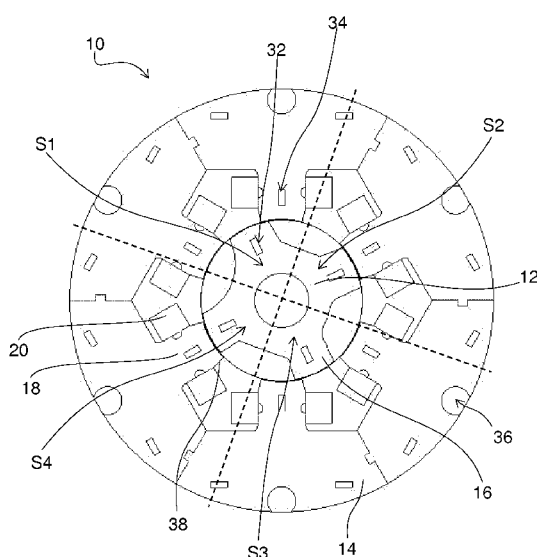


Fig. 1

(57) Abstract : The invention relates to an electric ma-
chine (10) and, for example, an electric motor with reluc-
tance varied by permanent magnets, for use in a motor ve-
hicle, in particular for an electric supercharger for a motor
vehicle, comprising a rotor (12) and a stator (14) provided
with radial teeth (16; 18), at least one of the rotor (12) and
stator (14) having a cross-section which can be divided
into angular segments (S1-S4) having the same angle at
the centre and including a single radial tooth (16₁-16₄), at
least one of the angular segments (S1-S4) being different
from at least one of the other angular segments (S1-S4).
The invention also relates to an electric supercharger for a
motor vehicle, comprising a compression wheel and an
electric machine (10) for rotating the compression wheel.

(57) Abrégé : L'invention concerne une machine élec-
trique, et par exemple un moteur électrique à reluctance
variable au aimants permanents, (10) pour application dans
un véhicule automobile, notamment pour compresseur de
suralimentation électrique pour véhicule automobile, com-
prenant un rotor (12) et un stator (14) munis de dents ra-
diales (16; 18), au moins l'un parmi le rotor (12) et le sta-
tor (14) présentant une section transversale pouvant être
divisée en des secteurs angulaires (S1-S4) de même

[Suite sur la page suivante]



angle au centre et incluant une unique dent radiale (16₁-16₄), au moins un desdits secteurs angulaires (S1-S4) étant différent d'au moins un des autres dits secteurs angulaires (S1-S4). L'invention se rapporte également à un compresseur électrique de suralimentation pour véhicule automobile, comportant une roue de compression et un et elle machine électrique (10) pour entraîner la roue de compression en rotation.

MACHINE ÉLECTRIQUE À ROTOR ASYMÉTRIQUE POUR APPLICATION DANS UN VÉHICULE AUTOMOBILE

La présente invention concerne une machine électrique, et plus
5 particulièrement un moteur électrique à reluctance variable ou aimants
permanents pour application dans un véhicule automobile, notamment pour
un compresseur électrique de suralimentation. L'invention se rapporte
également à un compresseur électrique de suralimentation pour véhicule
automobile, comportant un tel moteur à reluctance variable ou aimants
10 permanents.

Il est connu de mettre en œuvre un compresseur électrique de
suralimentation (en anglais « *electric supercharger* ») dans un circuit
d'alimentation en air d'un moteur à combustion interne de véhicule
automobile.

15 Un tel compresseur électrique de suralimentation est classiquement
mis en œuvre dans la ligne d'admission d'air d'un moteur à combustion
thermique d'un véhicule automobile, en amont ou en aval d'un
turbocompresseur. En variante, ou au surplus comme décrit dans la demande
FR-A-2 991 725 au nom de la Demanderesse, un tel compresseur peut être
20 mis en œuvre sur une ligne de recirculation des gaz d'échappement du
moteur à combustion interne.

Le compresseur de suralimentation électrique comporte de manière
classique une roue destinée à comprimer l'air entrant dans le compresseur et
une machine électrique à reluctance variable ou aimants permanents pour
25 entraîner la roue en rotation.

À la différence des turbocompresseurs, entraînés par les gaz
d'échappement, le compresseur électrique de suralimentation, fonctionnant
avec un moteur électrique, a un temps de réponse très court. Ceci permet de
renforcer le couple du moteur à combustion interne à bas régime, de
30 compenser le temps de réponse du turbocompresseur et améliore les

accélérations du véhicule automobile sur lequel est monté le moteur à combustion interne muni du compresseur électrique de suralimentation.

Cependant, la machine électrique, et par exemple le moteur à reluctance variable ou aimants permanents mis en œuvre dans un tel compresseur électrique de suralimentation est soumis à des vibrations de
5 grandes amplitudes du fait des variations de flux et de forces électromagnétiques, qui nuisent au confort du conducteur du véhicule automobile.

En outre, notamment du fait du régime auquel est utilisé une telle
10 machine électrique, un tel compresseur est bruyant.

Le but de la présente invention est de proposer une machine électrique, et par exemple un moteur électrique à reluctance variable ou aimants permanents, perfectionnée pour application automobile, notamment pour compresseur électrique de suralimentation, ne présentant pas au moins
15 certains des inconvénients susmentionnés.

À cette fin, l'invention propose une machine électrique et notamment un moteur électrique à reluctance variable ou aimants permanents pour application dans un véhicule automobile, notamment pour compresseur de suralimentation électrique pour véhicule automobile, comprenant un rotor et
20 un stator munis de dents radiales, au moins l'un parmi le rotor et le stator présentant une section transversale pouvant être divisée en des secteurs angulaires de même angle au centre et incluant une unique dent radiale, au moins un desdits secteurs angulaires étant différent d'au moins un des autres dits secteurs angulaires.

Ainsi, on déplace en fréquence, vers les fréquences plus basses, le
25 bruit émis par la machine. En effet, on limite ainsi les phénomènes bruyants liés à la rotation du rotor par rapport au stator qui présentent une fréquence égale à un multiple de la fréquence de rotation du rotor.

Le bruit globalement émis par la machine présente des harmoniques
30 plus importantes pour des fréquences plus basses qui sont moins

inconfortables pour les utilisateurs, voire qui peuvent être inaudibles pour certains utilisateurs.

Le confort d'utilisation du moteur s'en trouve amélioré.

Selon différents modes de réalisation, qui pourront être pris ensemble

5 ou séparément :

- chacun desdits secteurs angulaires est différents des autres dits secteurs angulaires ;
- le stator a une section transversale à symétrie de révolution ;
- le rotor a une section transversale à symétrie de révolution ;
- 10 - le rotor et le stator présentent une section transversale pouvant être divisée en des secteurs angulaires de même angle au centre et incluant une unique dent radiale, au moins un desdits secteurs angulaires de chacun du rotor et du stator, étant différente d'au moins un des autres dits secteurs angulaires du rotor,
- 15 respectivement du stator ;
- deux dents successives d'au moins l'un parmi le rotor et le stator, sont reliées, en coupe transversale, par :
 - un arc de cercle ouvert radialement vers l'extérieur,
 - un arc ce cercle ouvert radialement vers l'intérieur,
 - 20 - un tronçon de droite, les angles entre le tronçon de droite et le profil des dents successives étant de préférence arrondi ;
- le centre de gravité du rotor est situé sur son axe de rotation ;
- au moins l'une des dents de l'un au moins parmi le rotor et le stator est différentes des autres dents du même parmi le rotor et le
- 25 stator ; et
- la dent est plus large que les autres dents.

Selon un autre aspect, l'invention se rapporte à un compresseur électrique de suralimentation pour véhicule automobile, comportant une roue de compression et une machine électrique, par exemple un moteur électrique

30 à reluctance variable ou aimants permanents, telle que décrite ci-avant dans toutes ses combinaisons, pour entraîner la roue de compression en rotation.

Les figures annexées feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée, sur lesquelles :

- la figure 1 représente une coupe transversale d'une machine électrique d'un compresseur de suralimentation pour véhicule automobile ; et
- la figure 2 est un agrandissement du rotor de la machine électrique représenté sur la figure 1.

Comme illustré à la figure 1, une machine électrique 10 comprend essentiellement un rotor 12 et un stator 14. Le rotor 12 est ici monté radialement à l'intérieure du stator 14. Le rotor 12 et le stator 14 sont en matériau métallique ferromagnétique. Notamment, le stator ne comprend pas ici de bobinage orienté selon la direction longitudinale de la machine électrique 10. Le rotor 12 présente des dents 16 (ci-après dents rotoriques 16) radiales, orientées radialement vers l'extérieur, ici au nombre de quatre. Les dents rotoriques 16 sont équiréparties angulairement. Le stator 14 présente quant à lui des dents 18 (ci-après dents statoriques 18) également radiales, orientées dans le sens opposé aux dents 16 du rotor 12. Classiquement les dents statoriques 18 sont plus nombreuses que les dents rotoriques 16. En l'espèce, le stator 14 présente six dents statoriques 18. Les dents statoriques 18 sont équiréparties angulairement. Chacune des dents statoriques 18 est entourée par un bobinage 20 ou bobinage de phase. Lorsque deux bobinages 20 opposés (ou symétriques) sont alimentés électriquement, ils forment des électroaimants et provoquent la rotation du rotor 12 pour aligner les dents rotoriques 16 avec les dents statoriques 18 entourées par les bobinages 20 alimentés électriquement. En commandant successivement l'alimentation des couples de bobinages 20 opposés, on entraîne en rotation le rotor 12, le couple étant produit par la tendance du rotor à se positionner de façon que la réluctance entre une dent statorique et une dent rotorique soit minimum, c'est-à-dire que l'entrefer entre ces dents rotoriques et statoriques soit minimal.

Ici, cependant, le rotor 12 présente une section transversale pouvant être divisée en quatre secteurs angulaires S1-S4 de même angle au centre,

chaque secteur angulaire S1-S4 incluant une unique dent rotorique 16. Chacun des secteurs angulaires S1-S4 correspond ici à un angle au centre de 90°. Chacun desdits secteurs angulaires S1-S4 est ici différent de chacun des autres secteurs angulaires S1-S4. Ceci permet de déplacer vers les
5 fréquences plus graves, les émissions de bruit de la machine électrique, et par exemple du moteur à reluctance variable ou aimants permanents, 10, notamment dans un domaine de fréquences inaudibles pour au moins certains utilisateurs. On limite en effet ainsi qu'un phénomène bruyant, lié à la rotation du rotor 12, n'ait une fréquence supérieure à celle de la rotation du
10 rotor 12, notamment égale à un multiple de la fréquence de rotation du rotor 12.

Ici, plus précisément, les dents rotoriques 16₁-16₄ sont reliées, en section transversale, par des courbes distinctes. De préférence, on préfère des courbes régulières, plus faciles à réaliser. La courbe ne forme pas de
15 préférence, par exemple, d'arrêtes vives, celles-ci étant fragiles. La courbe ne forme pas non plus, de préférence, d'encoches sur la surface radialement externe du rotor 12. Notamment la courbe ne forme pas d'angles en coin, qui peuvent créer des amorces de rupture du rotor 12.

Ainsi, comme cela est plus nettement visible à la figure 2, les première
20 et deuxième dents rotoriques 16₁, 16₂ sont reliées ici, en section transversale, par un tronçon de droite 22. Ici on a formé des angles arrondis entre le tronçon de droite 22 et le profil 24₁, 24₂ des première et deuxième dents rotoriques 16₁, 16₂, pour éviter la formation d'une amorce de rupture au niveau de ces angles.

25 Les deuxième et troisième dents rotoriques 16₂, 16₃ sont reliées, en section transversale, par un arc de cercle 26, ouvert radialement vers l'intérieur. Ici aussi, on a formé des angles arrondis entre l'arc de cercle 26 et le profil 24₂, 24₃ des deuxième et troisième dents rotoriques 16₂, 16₃ pour éviter la formation d'une amorce de rupture au niveau de ces angles.

30 Les troisième et quatrième dents rotoriques 16₃, 16₄ sont reliées, en section transversale, par un tronçon de droite 28, plus long que le tronçon de

droite 22 entre les première et deuxième dents rotoriques 16₁, 16₂. Encore une fois ici, on a formé des angles arrondis entre l'arc de cercle 26 et le profil 24₂, 24₃ des deuxième et troisième dents rotoriques 16₂, 16₃ pour éviter la formation d'une amorce de rupture au niveau de ces angles.

5 Enfin, les première et quatrième dents rotoriques 16₁, 16₄ sont reliées, en section transversale, par un arc de cercle 30 ouvert radialement vers l'extérieur. Ici, le profil des première et quatrième dents rotoriques 16₁, 16₄ s'étendent dans le prolongement de l'arc de cercle 30.

Bien entendu, d'autres courbes peuvent être imaginées.

10 En variante ou au surplus de courbes différentes reliant les dents rotoriques, on peut obtenir des secteurs angulaires distincts en prévoyant des géométries différentes des dents rotoriques. Notamment, une dent rotorique 16 peut être plus large que les autres, mieux, chaque dent rotorique 16 peut présenter une largeur différente des autres dents rotoriques 16.

15 De préférence cependant, on s'arrange pour maintenir le centre de gravité du rotor 12 situé sur son axe de rotation, notamment en son centre géométrique. Ceci permet d'éviter les effets de balourd qui pourraient provoquer une usure prématurée de la machine 10.

 Par ailleurs, comme illustré sur les figures, le rotor 12 et le stator 14
20 présentent des cavités 32, 34, 36, respectivement. Ces cavités 32, 34, 36 permettent de réduire la rigidité du rotor 12 et/ou du stator 14, ce qui permet de limiter le bruit émis par la machine, et par exemple le moteur à reluctance variable ou aimants permanents et/ou d'abaisser les fréquences d'émission de ces bruits. Par facilité de fabrication et pour limiter l'influence des cavités
25 32, 34 sur le couple exercé sur le rotor 12, celles-ci sont réalisées dans les dents rotoriques 16 et statoriques 18, respectivement, et ne débouchent qu'au niveau des deux faces d'extrémité du rotor 12 et du stator 14.

 Ici, le stator 14 présente également sur sa surface radialement
30 externe des cavités 36 qui s'étendent sensiblement selon la direction longitudinale de la machine électrique 10 et qui débouchent au niveau des deux faces d'extrémité du stator 14 et sur sa surface radialement externe.

Les dents statoriques 18 présentent également ici, en section transversale, un chanfrein 38. En d'autres termes, le profil des dents statoriques 18 présentent ici une partie de base avec deux côtés parallèles, reliée au sommet des dents statoriques 18 par des surfaces inclinées par rapport aux deux côtés parallèles de la partie de base. L'angle d'inclinaison de ces surfaces (ou angle de chanfrein) peut notamment être supérieur à 1°, de préférence encore supérieur à 3°, et inférieur à 10°, de préférence encore inférieur à 7°. Ces chanfreins 38 permettent de limiter l'amplitude des variations de flux magnétiques quand les dents rotoriques 16 s'alignent avec les dents statoriques 18. En effet, du fait de la présence des chanfreins 38, cette variation du flux magnétique est réalisée de manière moins brusque, ce qui permet de limiter le bruit émis par la machine électrique 10. En variante, de tels chanfreins peuvent être prévus uniquement sur le rotor 12 ou à la fois sur le rotor 12 et sur le stator 14.

Une machine électrique, et par exemple un moteur à reluctance variable ou aimants permanents, 10 telle qu'elle vient d'être décrite peut être mis en œuvre dans de nombreuses applications dans un véhicule automobile. Notamment, il peut être mis en œuvre pour un système de moteur de traction.

Selon une application particulièrement intéressante cependant, la machine électrique, et par exemple le moteur à reluctance variable ou aimants permanents tel qu'il vient d'être décrit peut être mis en œuvre dans un compresseur électrique de suralimentation pour véhicule automobile, comportant une roue de compression entraînée en rotation par la rotation du rotor du moteur.

L'invention ne se limite pas au seul exemple de réalisation décrit ci-avant en regard des figures, à titre d'exemple illustratif et non limitatif.

Notamment, le stator 14 peut être reçu dans un boîtier de la machine en laissant des espaces vides (ou jeux) entre le stator 14 et le boîtier, les espaces vides s'étendant essentiellement selon une direction longitudinale de la machine électrique. Le stator et le boîtier de la machine définissent alors de préférence des zones de contact linéiques. Ces espaces vides entre le stator

et le boîtier de la machine permettent de limiter le bruit rayonné par la machine.

Par exemple, le stator 14 peut présenter une section transversale de forme générale polygonale, présentant le cas échéant une ou plusieurs
5 découpes formées par la ou les cavités 28 débouchant sur la surface radialement externe du stator 14 et, de préférence, des angles arrondis destinés à être en contact avec le boîtier de la machine, lequel boîtier de la machine est de préférence de forme générale circulaire, en section transversale.

10 Par ailleurs, ici, le stator a une section transversale à symétrie de révolution.

Cependant, le stator 14 peut présenter une section transversale pouvant être divisée en des secteurs angulaires de même angle au centre et incluant une unique dent radiale, au moins un desdits secteurs angulaires
15 étant différent d'au moins un des autres dits secteurs angulaires, de préférence chaque secteurs angulaire étant différent des autres secteurs angulaires. Ceci permet également de déplacer vers les fréquences plus élevées, les émissions de bruit de la machine électrique, et par exemple du moteur à reluctance variable ou aimants permanents 10, notamment dans un
20 domaine de fréquences inaudibles pour au moins certains utilisateurs. Dans ce cas, le rotor peut alors avoir une section transversale à symétrie de révolution.

Selon une autre variante encore, le rotor 12 et le stator 14 présentent tous les deux une section transversale pouvant être divisée en des secteurs
25 angulaires de même angle au centre et incluant une unique dent radiale, au moins un desdits secteurs angulaires de chacun du rotor et du stator, étant différente d'au moins un des autres dits secteurs angulaires du rotor, respectivement du stator. De préférence, chacun des secteurs angulaires du rotor et du stator sont différents des autres secteurs angulaires du rotor et du
30 stator, respectivement.

REVENDICATIONS

1. Machine électrique (10) pour application dans un véhicule automobile, notamment pour compresseur électrique de suralimentation pour
5 véhicule automobile, comprenant un rotor (12) et un stator (14) munis de dents radiales (16 ; 18), au moins l'un parmi le rotor (12) et le stator (14) présentant une section transversale pouvant être divisée en des secteurs angulaires (S1-S4) de même angle au centre et incluant une unique dent radiale (16₁-16₄), dans lequel chacun desdits secteurs angulaires (S1-S4) est
10 différents des autres dits secteurs angulaires (S1-S4).

2. Machine électrique (10) selon la revendication 1, dans lequel le stator (14) a une section transversale à symétrie de révolution.

15 3. Machine électrique (10) selon la revendication 1, dans lequel le rotor (12) a une section transversale à symétrie de révolution.

4. Machine électrique (10) selon la revendication 1, dans lequel le rotor (12) et le stator (14) présentent une section transversale pouvant être
20 divisée en des secteurs angulaires (S1-S4) de même angle au centre et incluant une unique dent radiale (16₁-16₄ ; 18), au moins un desdits secteurs angulaires (S1-S4) de chacun du rotor (12) et du stator (14), étant différente d'au moins un des autres dits secteurs angulaires (S1-S4) du rotor (12), respectivement du stator (14).

25

5. Machine électrique (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel deux dents (16₁-16₄) successives d'au moins l'un parmi le rotor (12) et le stator (14), sont reliée, en coupe transversale, par :

- un arc de cercle ouvert radialement vers l'extérieur,
- 30 - un arc ce cercle ouvert radialement vers l'intérieur,

- un tronçon de droite, les angles entre le tronçon de droite et le profil des dents successives étant de préférence arrondi.

5 6. Machine électrique (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le centre de gravité du rotor (12) est situé sur son axe de rotation.

10 7. Machine électrique (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins l'une des dents (16₁-16₄) de l'un au moins parmi le rotor (12) et le stator (14) est différentes des autres dents (16₁-16₄) du même parmi le rotor (12) et le stator (14).

15 8. Machine électrique (10) selon la revendication 8, dans lequel la dent (16₁-16₄) est plus large que les autres dents (16₁-16₄).

9. Compresseur électrique de suralimentation pour véhicule automobile, comportant une roue de compression et une machine électrique (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, pour entraîner la roue de compression en rotation.

20

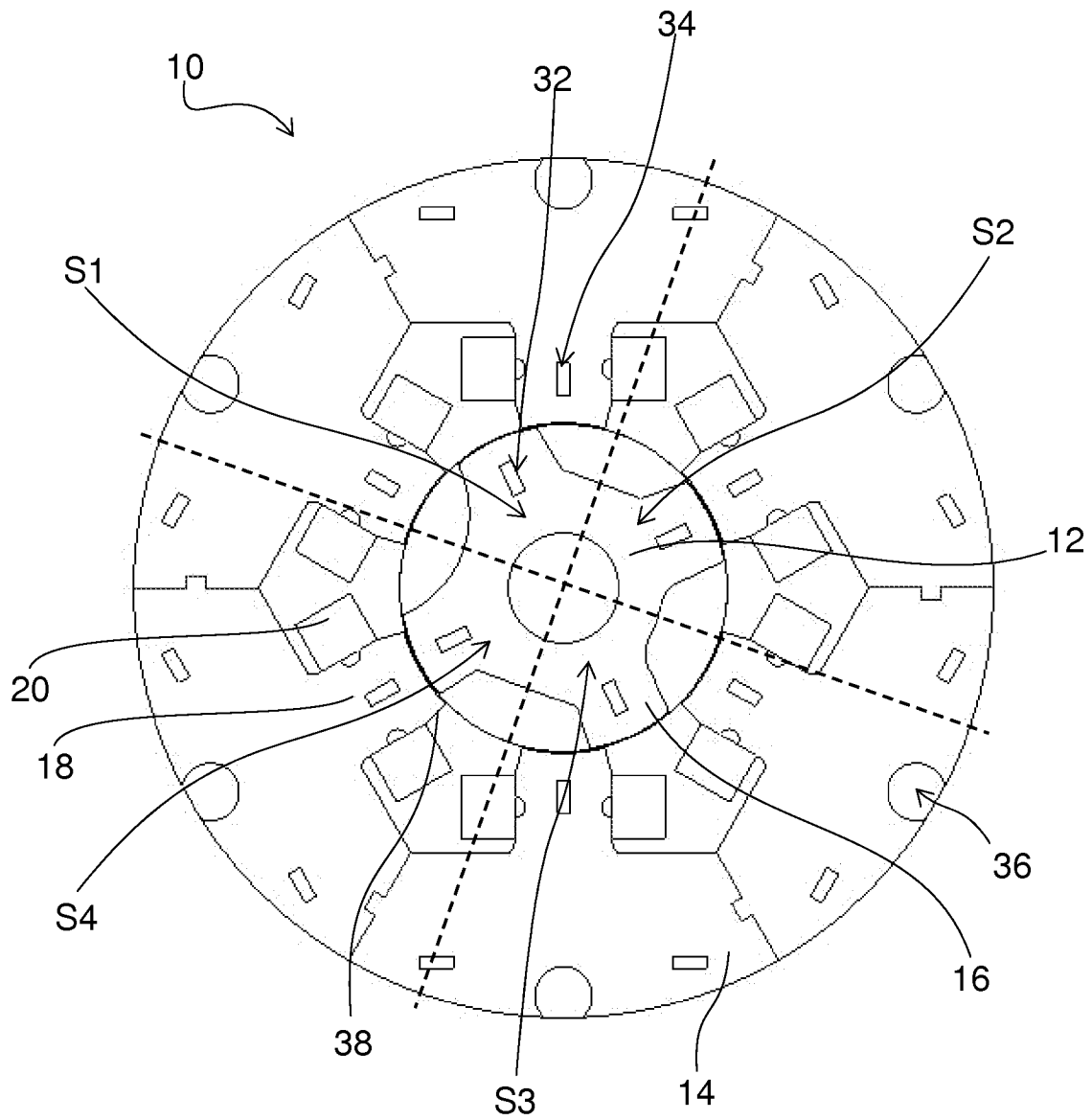
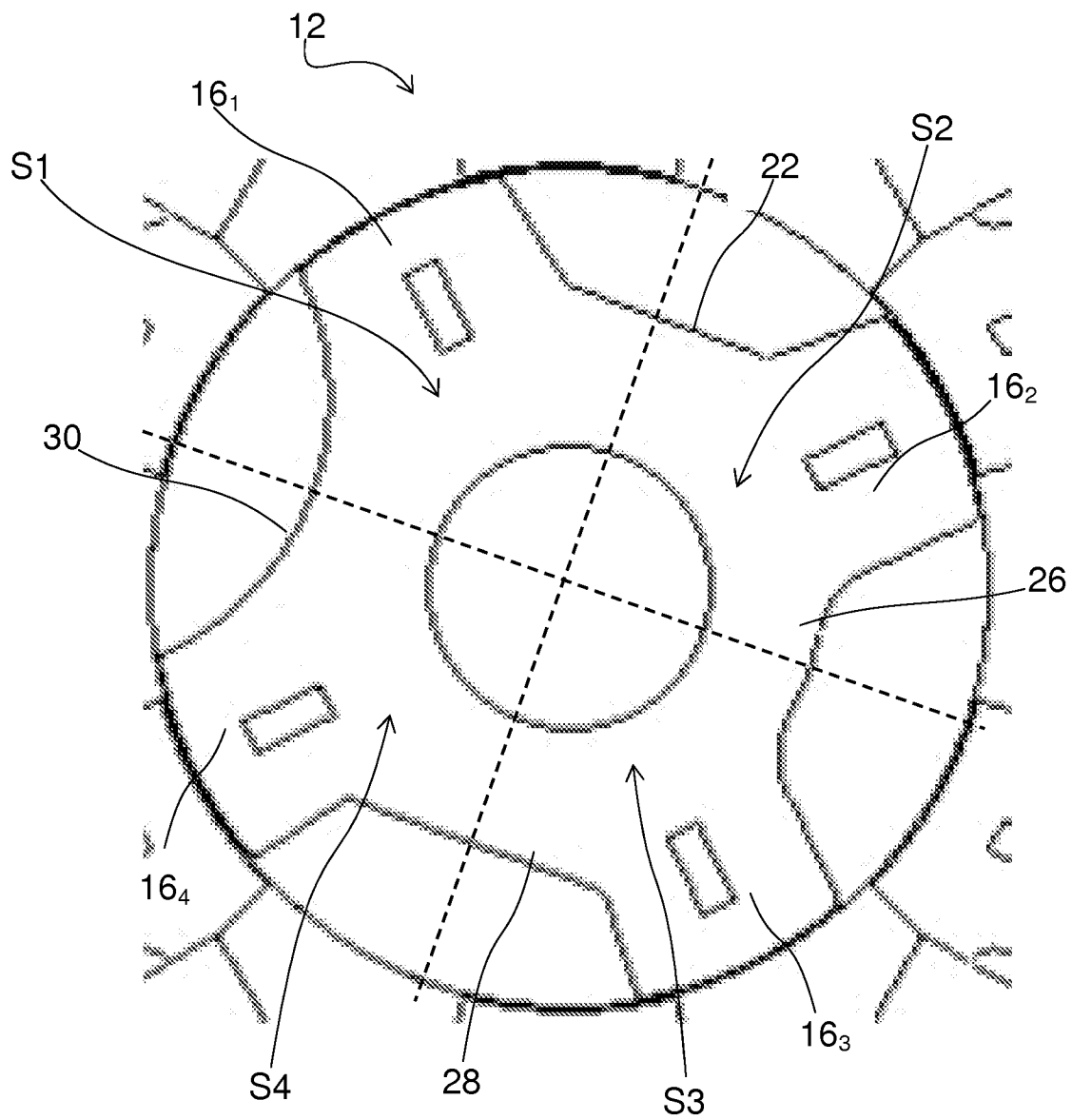


Fig. 1

Fig. 2