

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-48912

(P2004-48912A)

(43) 公開日 平成16年2月12日(2004.2.12)

(51) Int. Cl.⁷

H02K 1/06
F04B 39/00
F04C 18/02
F04C 29/00
H02K 1/14

F I

H02K 1/06 A
F04B 39/00 106C
F04C 18/02 311M
F04C 29/00 T
H02K 1/14 Z

テーマコード(参考)

3H003
3H029
3H039
5H002
5H619

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-203401(P2002-203401)

(22) 出願日 平成14年7月12日(2002.7.12)

(71) 出願人 502129933

株式会社日立産機システム
千葉県千葉市美浜区中瀬二丁目6番地

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

(72) 発明者 湧井 真一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
株式会社日立製作所日立研究
所内

(72) 発明者 小原木 春雄

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
株式会社日立製作所日立研究
所内

最終頁に続く

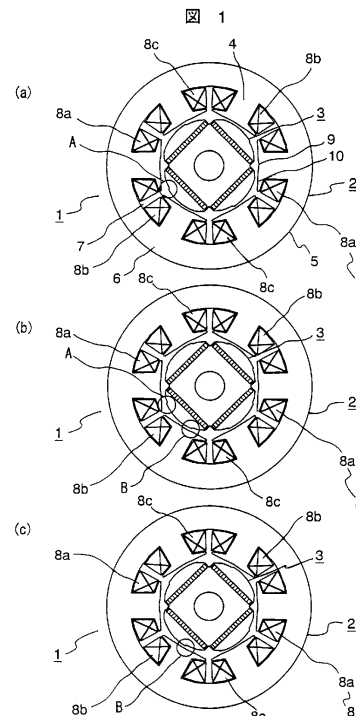
(54) 【発明の名称】 永久磁石式回転電機およびそれを用いた圧縮機

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、コギングトルクとともに脈動トルクを小さくして、騒音問題を解決できる永久磁石式回転電機を提供することにある。

【解決手段】永久磁石式回転電機において、永久磁石の磁束軸をd軸、それと直行する軸をq軸としたとき、回転子鉄心に設けた永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、永久磁石の磁束を集合させるためにd軸側のギャップ長よりq軸側のギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、磁極鉄心外周面に複数のギャップ面を設け、磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらすように配置することにより、巻線による脈動トルクとコギングトルクの位相が180度相違して運転時の脈動トルクを半減できることから、低騒音化が図れる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、該固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、前記永久磁石の磁束軸を d 軸、該 d 軸と電気角で 90 度隔たった軸を q 軸としたとき、前記回転子鉄心に設けた前記永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、該 d 軸側の前記ギャップ長より該 q 軸側の該ギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、該磁極鉄心外周面に複数の該ギャップ面を設け、該磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらすように配置したことを特徴とする永久磁石式回転電機。

10

【請求項 2】

固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、該固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、前記永久磁石の磁束軸を d 軸、該 d 軸と 90 度隔たった軸を q 軸としたとき、前記回転子鉄心に設けた前記永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、該 d 軸側の前記ギャップ長より該 q 軸側の該ギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、該磁極鉄心外周面に複数の該ギャップ面を設け、該ギャップ長の小さな該磁極鉄心の開度を電気角で略 90 度から略 120 度の範囲内とし、該磁極鉄心を軸方向に対し階段状にずらすように配置したことを特徴とする永久磁石式回転電機。

20

【請求項 3】

固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、該固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、前記永久磁石の磁束軸を d 軸、該 d 軸と電気角で 90 度隔たった軸を q 軸としたとき、前記回転子鉄心に設けた前記永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、該永久磁石の磁束を集合させるために該 d 軸側の前記ギャップ長より該 q 軸側の該ギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、該 d 軸中心に対して該磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて該磁極鉄心外周面に複数の該ギャップ面を設け、該磁極鉄心の位置を軸方向に対し V 字状にずらすように配置したことを特徴とする永久磁石式回

30

【請求項 4】

固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、該固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、前記永久磁石の磁束軸を d 軸、該 d 軸と電気角で 90 度隔たった軸を q 軸としたとき、前記回転子鉄心に設けた前記永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、該 d 軸側の前記ギャップ長より該 q 軸側の該ギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、該 d 軸中心に対して該磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて該磁極鉄心外周面に複数の該ギャップ面を設け、該磁極鉄心の位置を軸方向に対し V 字状にずらすとともに、該ギャップ長の小さな該磁極鉄心の開度を電気角で略 90 度から略 120 度の範囲内としたことを特徴とする永久磁石式回転電機。

40

【請求項 5】

固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、該固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、前記永久磁石の磁束軸を d 軸、該 d 軸と電気角で 90 度隔たった軸を q 軸としたとき、前記回転子鉄心に設けた前記永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、該 d 軸側の前記ギャップ長より該 q 軸側の該ギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、該 d 軸中心に対して該磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて該磁

50

極鉄心外周面に複数の該ギャップ面を設け、前記磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらすとともに、該磁極鉄心の軸方向上下部が同一形状であることを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項 6】

固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、該固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、前記永久磁石の磁束軸を d 軸、それと直行する軸を q 軸としたとき、前記回転子鉄心に設けた前記永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、該 d 軸側の前記ギャップ長より該 q 軸側の該ギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、該 d 軸中心に対して該磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて該磁極鉄心外周面に複数の該ギャップ面を設け、前記磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらすとともに、該ギャップ長の小さな該磁極鉄心の開度を電気角で略 90 度から略 120 度の範囲内とし、該磁極鉄心の軸方向上下部が同一形状であることを特徴とする永久磁石式回転電機。

10

【請求項 7】

固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、該固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、前記永久磁石の磁束軸を d 軸、該 d 軸と電気角で 90 度隔てた軸を q 軸としたとき、前記回転子鉄心に設けた前記永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、該 d 軸側の前記ギャップ長より該 q 軸側の該ギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、該 d 軸中心に対して該磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて該磁極鉄心外周面に複数の該ギャップ面を設け、前記磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらすとともに、該磁極鉄心の軸方向上下部が異なる形状であることを特徴とする永久磁石式回転電機。

20

【請求項 8】

固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、該固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、前記永久磁石の磁束軸を d 軸、該 d 軸と電気角で 90 度隔たった軸を q 軸としたとき、前記回転子鉄心に設けた前記永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、該 d 軸側の前記ギャップ長より該 q 軸側の該ギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、該 d 軸中心に対して該磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて該磁極鉄心外周面に複数の該ギャップ面を設け、前記磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらすとともに、該ギャップ長の小さな該磁極鉄心の開度を電気角で略 90 度から略 120 度の範囲内とし、該磁極鉄心の軸方向上下部が異なる形状であることを特徴とする永久磁石式回転電機。

30

【請求項 9】

固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、該固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、前記永久磁石の磁束軸を d 軸、該 d 軸と電気角で 90 度隔たった軸を q 軸としたとき、前記回転子鉄心に設けた前記永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、該永久磁石の磁束を集合させるために該 d 軸側の前記ギャップ長より該 q 軸側の該ギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、該 d 軸中心に対して該磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて該磁極鉄心外周面に複数の該ギャップ面を設け、該磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらした磁極鉄心 I と、該磁極鉄心外周面に単一の該ギャップ面を設けた磁極鉄心 II とを設け、該磁極鉄心 I の略中間に該磁極鉄心 II を配置したことを特徴とする永久磁石式回転電機。

40

【請求項 10】

50

請求項 1 ないし請求項 9 に記載の永久磁石式回転電機において、前記回転子の極数と前記固定子のスロット数との比が 2 : 3 であることを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項 1 1】

請求項 1 ないし請求項 1 0 に記載の永久磁石式回転電機において、前記回転子鉄心の外周面にカット形状を施して磁極面を形成するとともに、該カット形状が略直線状カットと略円弧状カットを組み合わせたものであることを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項 1 2】

請求項 1 ないし請求項 1 0 に記載の永久磁石式回転電機において、前記回転子鉄心の外周面にカット形状を施して磁極面を形成するとともに、該カット形状が略 V 字形状を複数個組み合わせた凹部と一つの略円弧状凹部とを有するものであることを特徴とする永久磁石式回転電機。

10

【請求項 1 3】

請求項 1 ないし請求項 1 2 に記載の永久磁石式回転電機において、前記回転子鉄心に埋設される永久磁石の形状が、前記回転子の軸に対して一文字状であるかもしくは該回転子の軸に対して凸の V 字形状であることを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項 1 4】

請求項 1 ないし請求項 1 3 に記載の永久磁石式回転電機において、前記固定子鉄心の前記ティースの内周面にベリングを施したことを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項 1 5】

固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、該固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承され、前記永久磁石の磁束軸を d 軸、該 d 軸と電気角で 90 度隔たった軸を q 軸としたとき、前記回転子鉄心に設けた前記永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、該 d 軸側の前記ギャップ長より該 q 軸側の該ギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、該磁極鉄心外周面に複数の該ギャップ面を設け、該磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらすように配置した永久磁石式回転電機を備え、前記永久磁石を駆動源とすることを特徴とする圧縮機。

20

【請求項 1 6】

請求項 1 5 において、前記永久磁石回転電機は前記固定子と前記回転子の軸方向位置がずれていることを特徴とする圧縮機。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、界磁用の永久磁石を回転子に備えている永久磁石式回転電機に関し、特に、空気調和機、冷蔵庫および冷凍庫等の圧縮機などに搭載される永久磁石式回転電機に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、この種の永久磁石式回転電機においては、様々な形状が採用されている。例えば、特開 2001-175389 号公報に記載の永久磁石式回転電機においては、回転子鉄心の磁極の片側をカットした外周面形状とし、それを軸方向に反転させて積層することにより、疑似スキューとなり、騒音の発生に関係するコギングトルクを低減している。特開 2002-84693 号公報に記載の永久磁石式回転電機においては、永久磁石の回転子軸心からの有効磁極開度 2 とそのギャップ長 g_2 とし、2 種類のギャップ長と磁極開度の関係を最適化することにより、騒音の発生に関係するコギングトルクを低減している。

40

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術では、コギングトルク低減に着目しているが、回転電機として騒音問題に影響するのはコギングトルクを含めた回転電機構造に付随する脈動トルクの大小である。

50

【0004】

特に固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された場合、電機子巻線自体が分布巻の180度巻線と違って120度巻線であることから、5次、7次、11次、13次、17次、19次の高調波起磁力を多く含有し、回転子にとっては6次、12次、

18次の脈動トルクとなり、コギングトルクも6次成分を基本とすることから、運転中の脈動トルクが大きくなり、しばしば騒音問題を引き起こす原因になっていた。これらを低減するためには回転子あるいは固定子鉄心にスキューを施せばよいが、コギングトルクのみを小さくしても実際の脈動トルク自体を大幅に低減できない問題があった。

【0005】

本発明の目的は、コギングトルクとともに脈動トルクを小さくして、騒音問題を解決できる永久磁石式回転電機を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、永久磁石の磁束軸をd軸、それと直行する軸をq軸としたとき、回転子鉄心に設けた永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、永久磁石の磁束を集合させるためにd軸側のギャップ長よりq軸側のギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、磁極鉄心外周面に複数のギャップ面を設け、磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらすように配置した永久磁石式回転電機を提案する。

【0007】

本発明では、また、固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、永久磁石の磁束軸をd軸、それと直行する軸をq軸としたとき、回転子鉄心に設けた永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、永久磁石の磁束を集合させるためにd軸側のギャップ長よりq軸側のギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、磁極鉄心外周面に複数のギャップ面を設け、ギャップ長の小さな磁極鉄心の開度を電気角で略90度から略120度の範囲内とし、磁極鉄心を軸方向に対し階段状にずらすように配置した永久磁石式回転電機を提案する。

【0008】

本発明では、更に、固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、永久磁石の磁束軸をd軸、それと直行する軸をq軸としたとき、回転子鉄心に設けた永久磁石挿入孔が軸方向同一位置であるとともに、永久磁石の磁束を集合させるためにd軸側のギャップ長よりq軸側のギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、d軸中心に対して磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて磁極鉄心外周面に複数のギャップ面を設け、磁極鉄心の位置を軸方向に対しV字状にずらすように配置した永久磁石式回転電機を提案する。

【0009】

本発明では、更に、固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、永久磁石の磁束軸をd軸、それと直行する軸をq軸としたとき、回転子鉄心に設けた永久磁石挿入孔が軸方向同一位置であるとともに、永久磁石の磁束を集合させるためにd軸側のギャップ長よりq軸側のギャップ長を大きく

10

20

30

40

50

した磁極鉄心を形成し、d軸中心に対して磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて磁極鉄心外周面に複数のギャップ面を設け、ギャップ長の小さな磁極鉄心の開度を電気角で略90度から略120度の範囲内とし、磁極鉄心の位置を軸方向に対しV字状にずらすように配置した永久磁石式回転電機を提案する。

【0010】

本発明は、更に、固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、永久磁石の磁束軸をd軸、それと直行する軸をq軸としたとき、回転子鉄心に設けた永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、永久磁石の磁束を集合させるためにd軸側のギャップ長よりq軸側のギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、d軸中心に対して磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて磁極鉄心外周面に複数のギャップ面を設け、磁極鉄心の位置を軸方向に対し段階状にずらすとともに、磁極鉄心の軸方向上下部が同一形状である永久磁石式回転電機を提案する。

10

【0011】

本発明は、更に、固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、永久磁石の磁束軸をd軸、それと直行する軸をq軸としたとき、回転子鉄心に設けた永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、永久磁石の磁束を集合させるためにd軸側のギャップ長よりq軸側のギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、d軸中心に対して磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて磁極鉄心外周面に複数のギャップ面を設け、ギャップ長の小さな磁極鉄心の開度を電気角で略

20

90度から略120度の範囲内とし、磁極鉄心の位置を軸方向に対し段階状にずらすとともに、磁極鉄心の軸方向上下部が同一形状である永久磁石式回転電機を提案する。

【0012】

本発明では、更に、固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、永久磁石の磁束軸をd軸、それと直行する軸をq軸としたとき、回転子鉄心に設けた永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、永久磁石の磁束を集合させるためにd軸側のギャップ長よりq軸側のギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、d軸中心に対して磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて磁極鉄心外周面に複数のギャップ面を設け、磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらすとともに、磁極鉄心の軸方向上下部が異なる形状である永久磁石式回転電機を提案する。

30

【0013】

本発明では、更に、固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、永久磁石の磁束軸をd軸、それと直行する軸をq軸としたとき、回転子鉄心に設けた永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、永久磁石の磁束を集合させるためにd軸側のギャップ長よりq軸側のギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、d軸中心に対して磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて磁極鉄心外周面に複数のギャップ面を設け、磁極鉄心の位置を軸方向に対し段階状にずらすとともに、ギャップ長の小さな磁極鉄心の開度を電気角で略90度から略120度の範囲内とし、磁極鉄心の軸方向上下部が異なる形状である永久磁石式回転電機を提案する。

40

【0014】

50

本発明では、更に、固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、永久磁石の磁束軸をd軸、それと直行する軸をq軸としたとき、回転子鉄心に設けた永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、永久磁石の磁束を集合させるためにd軸側のギャップ長よりq軸側のギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、d軸中心に対して磁極鉄心の円弧状部分を左右非対称に設けて磁極鉄心外周面に複数のギャップ面を設け、磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらした磁極鉄心Iと、該磁極鉄心外周面に単一のギャップ面を設けた磁極鉄心IIとを設け、磁極鉄心Iの略中間に磁極鉄心IIを配置した永久磁石式回転電機を提案する。

10

【0015】

回転子鉄心中にマグネットを埋め込んだ埋込磁石構造と固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子構造を組み合わせた永久磁石式回転電機の騒音を低減するためには、固定子と回転子構造に起因するコギングトルクを低減すれば良いことが知られ、その対策としては種々の方法が提案されている。本発明では回転子のトルクにはマグネットトルクがあり、これは同様に固定子と回転子構造に起因するが、集中巻の電機子巻線は従来の分布巻の180度巻線と違って120度巻線であることから、正弦波電流を供給しても巻線の起磁力に5次、7次、11次、13次、17次、19次の高調波起磁力成分を多く含有し、回転子にとっては6次、12次、18次の脈動トルクとなり、コギングトルクも6次成分を基本とすることから、運転中の脈動トルクが大きくなり、しばしば騒音問題を引き起こす原因になっていた。そこで、本発明ではコギングトルクを低減するのではなく、コギングトルクを発生させ、電機子巻線による脈動トルクとの位相差を

20

180度になるようにしてコギングトルクと電機子巻線による脈動トルクを有効に相殺させ、運転中の騒音の発生原因となる回転子の脈動トルクを低減するものである。その構成は、固定子鉄心に形成された複数のスロット内にティースを取り囲むように集中巻の電機子巻線が施された固定子を有し、回転子鉄心に形成された複数の永久磁石挿入孔中に永久磁石が納められた回転子が、固定子の内周にギャップを介して回転自在に支承された永久磁石式回転電機において、永久磁石の磁束軸をd軸、それと直行する軸をq軸としたとき、回転子鉄心に設けた永久磁石挿入孔を軸方向同一位置に配置するとともに、永久磁石の磁束を集合させるためにd軸側のギャップ長よりq軸側のギャップ長を大きくした磁極鉄心を形成し、磁極鉄心外周面に複数のギャップ面を設け、磁極鉄心の位置を軸方向に対し階段状にずらすように配置することにより、コギングトルクと電機子巻線による脈動トルクとの位相差が180度となり、コギングトルクと電機子巻線による脈動トルクを有効に相殺させ、運転中の騒音の発生原因となる回転子の脈動トルクを低減するものである。また、この原理に従えばコギングトルクの大きさを回転電機毎に調整する必要があるが、これについては固定子鉄心のティース内周面の磁極片にベベリングを施すことにより調整できる。よって、回転電機の必要出力を確保しつつ騒音が小さい永久磁石式回転電機を提供できる。

30

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例を図1～図15を用いて詳細に説明する。各図中において、共通する符号は同一物を示す。また、ここでは4極の永久磁石式回転電機について示し、回転子の極数と固定子のスロット数との比を2：3とした。

40

【0017】

(実施形態1)

図1は本発明による永久磁石式回転電機の実施形態1の径方向断面形状、図2は本発明による実施形態1の固定子の径方向断面形状を拡大したもの、図3は本発明による実施形態1の回転子の径方向断面形状を拡大したものを示す。図1

(a)、図2において、永久磁石式回転電機1は固定子2と回転子3から構成される。固

50

定子 2 はティース 4 とコアバック 5 からなる固定子鉄心 6 と、ティース 4 間のスロット 7 内にはティース 4 を取り囲むように巻装された集中巻の電機子巻線 8 (三相巻線の U 相巻線 8 a, V 相巻線 8 b, W 相巻線 8 c からなる) から構成される。ここで、永久磁石式回転電機 1 は 4 極 6 スロットであるから、スロットピッチは電気角で 120 度である。ティース 4 の回転子 3 と対抗する内周面には円弧状部分 9 と徐々に回転子 3 の外周面から離れるように形成したベベリング 10 を設けている。

【0018】

図 1 (a), 図 3 (a) において、回転子 3 は回転子鉄心 11 に形成した一文字状の永久磁石挿入孔 12 中に永久磁石 13 が納められ、シャフト (図示せず) と嵌合するためのシャフト孔 14 からなる。ここで、回転子 3 の磁極中心方向に延びる軸を d 軸、磁極中心方向と電気角で 90 度隔たった磁極間方向に延びる軸を q 軸とする。回転子鉄心 11 の外周面の極間 (q 軸) 側に直線状にカットした略 V 字状の 2 つを組み合わせた形状の凹部 15 を設けることにより、永久磁石

13 の磁束を磁極側へ集合させる役目をなす磁極鉄心 16 を形成する。この磁極鉄心 16 は、スロットピッチと略等しくした磁極開度 1 とし、さらに略円弧状にカットした円弧凹部 17 を介して磁極開度 1 より狭くした磁極開度 2 の磁極部 18 を形成している。この結果、回転子 3 の磁極面の最外周が磁極開度 2 の磁極部 18 となり、その次が磁極開度 1 となり、その次が凹部 15 となり、磁極開度 2 と磁極開度 1 の間には片側を同一にしているのので印で示した A 部の段差が磁極部 18 の右側 (回転子 3 の中心 O から見て) に形成される。また、d 軸から見て段差 A 部までの角度 3 に対し磁極鉄心 16 の

端部までの角度 4 とした時、 $4 > 3$ となり磁極部 18 が非対称となり、磁極部 18 と固定子 2 のティース 4 間のギャップ長 g_1 が短く、円弧凹部 17 と固定子 2 のティース 4 間のギャップ長 g_2 とした時、 $g_2 > g_1$ の関係となる複数のギャップを設けている。

【0019】

図 1 (b), 図 3 (b) は別の軸方向位置での断面を示す径方向断面形状である。図 1 (b), 図 3 (b) において、図 1 (a), 図 3 (a) と異なるのは、回転子鉄心 11 の d 軸側外周面にスロットピッチと略等しくした磁極角度 1 の磁極鉄心 16 を形成し、さらにその両側に円弧状にカットした円弧凹部 17 を介して磁極開度 1 より狭くした磁極開度 2 の磁極部 18 を形成している。ここで、磁極開度 2 を磁極中心に配置しているの

【0020】

ので、磁極開度 1 と磁極開度 2 の間には印で示した A 部と B 部の段差が磁極部 18 の両側に形成される。d 軸から見て段差 A, B 部までの角度 5 とすると、 $4 > 5 > 3$ の関係となる。

【0021】

図 1 (c), 図 3 (c) は別の軸方向位置での断面を示す径方向断面形状である。図 1 (c), 図 3 (c) において、図 1 (a), 図 3 (a) と異なるのは、回転子鉄心 11 の d 軸側外周面にスロットピッチと略等しくした磁極角度 1 の磁極鉄心 16 を形成し、さらに略円弧状にカットした円弧凹部 17 を介して磁極開度 1 より狭くした磁極開度 2 の磁極部 18 を形成している。この結果、磁極開度 2 と磁極開度 1 の間には片側を同一にしているのので印で示した B 部の段差が磁極部 18 の左側 (回転子 3 の中心 O から見て) に形成される。

【0022】

なお、実施形態 1 中の印で示した A, B の段差は鋭角で図示しているが、製作面からならぬにしても差し支えない。

実施形態 1 の固定子 2 は軸方向断面がどの位置でも同一断面となるが、回転子 3 は軸方向断面が場所によって異なる。図 4 には本発明による実施形態 1 の回転子の斜視図を示す。図 4 において、一文字状永久磁石 13 が軸方向に同一位置に連続した永久磁石挿入孔 12 中に納められ、軸方向によって磁極部 18 のみの周方向位置が異なる。言い換えれば、回転子の磁極鉄心の位置が軸方向に対して階段状にずらして配置されている。

10

20

30

40

50

【0023】

ところで、本発明の対象とする圧縮機駆動用永久磁石式回転電機1では、騒音がしばしば問題となる。永久磁石式回転電機1の騒音を大きくする要因として脈動トルクがあるが、脈動トルクは単純にギャップ長を大きくし、ギャップの磁束密度を小さくすればよい。しかし、ギャップ長を広げてギャップの磁束密度を小さくすると、その分だけ出力が小さくなるので、結果的には同一出力を維持するには体格を大きくする必要がある。そこで、マグネットトルクに寄与する永久磁石の磁束は低減せずに、騒音の発生要因となる脈動トルクを低減する対策を種々実験を通して見出した。

【0024】

図5は本発明による実施形態1の脈動トルクを示す。図5(a)は回転子角度を横軸にとり、縦軸に集中巻の電機子巻線8に正弦波電流を供給した時に発生する巻線による脈動トルクと、固定子と回転子の構造に起因して発生するコギングトルクを示し、図5(b)には回転子角度を横軸にとり、縦軸に永久磁石式回転電機として運転したときのトルクを $p \cdot u$ として示している。図5(a)より、巻線による脈動トルクは集中巻を採用しているため回転子角度によって発生トルクの増減があり、その \pm ピーク値は最大で $21 p \cdot u$ となる。これに対し、固定子と回転子の構造に起因して発生するコギングトルクも回転子角度によって変化し、その \pm ピーク値は最大で $16 p \cdot u$ となるが、巻線による脈動トルクとは位相が 180 度相違していることが分かる。この結果、図5(b)に示すように、永久磁石式回転電機1として運転したときのトルクの \pm ピーク値が $10 p \cdot u$ まで約半減できた。

10

20

【0025】

以上から、集中巻を採用した固定子2のティース4の内周面にベベリング10を施し、回転子3の磁極部18を軸方向にあって円周方向にずらすことにより運転時の脈動トルクを半減できることから、低騒音化が図れる。

【0026】

なお、運転時の脈動トルクをゼロ近傍に低減するにはコギングトルクを大きくすれば良いが、運転条件として回転数、負荷トルクが種々ある場合は全体を見てコギングトルクの大きさを決めれば良い。コギングトルクの大きさはベベリング10の大きさを調整できる。

【0027】

また、巻線による脈動トルクとコギングトルクの位相を 180 度相違させるためには、 1 、 2 の角度が重要であり、 1 は電気角で略 120 度、 2 は電気角で略 90 度が良いことを確認しているが、状況によっては $90 \sim 120$ 度の範囲内で最適値がある。

30

【0028】

(実施形態2)

図6は、本発明による永久磁石式回転電機の実施形態2の回転子の径方向断面形状を示す断面図、図7は本発明による実施形態2の回転子の斜視図を示す。図6および図7に示す実施形態2において、図2の実施形態1と異なる点は、回転子鉄心11中に1極あたり2個の永久磁石挿入孔20を形成し、その永久磁石挿入孔20中に平板の永久磁石21を挿入し、回転子軸に対して凸のV字配置に構成したものである。ここで、図6(a)は回転子鉄心11の外周面の極間(q軸)側にV字形状の凹部22を設けて磁極鉄心19を形成し、回転子鉄心11のd軸側外周面にスロットピッチと略等しくした磁極角度 1 を形成し、さらに円弧状にカットした円弧凹部23を介して磁極開度 1 より狭くした磁極開度 2 の磁極部24を形成している。この結果、磁極開度 2 と磁極開度 1 の間には片側を同一にしているので印で示したA部の段差が磁極部24の右側(回転子3の中心Oから見て)に形成される。

40

【0029】

図6(b)は別の軸方向位置での断面を示す径方向断面形状である。図6(b)において図6(a)と異なるのは、回転子鉄心11のd軸側外周面にスロットピッチと略等しくした磁極角度 1 を設けて磁極鉄心19を形成し、さらにその両側に円弧状にカットした円弧凹部23を介して磁極開度 1 より狭くした磁極開度 2 の磁極部24を形成している

50

。ここで、磁極開度 2 を磁極中心に配置しているのので、磁極開度 1 と磁極開度 1 の間には 印で示した A 部と B 部の段差が磁極部 2 4 の両側に形成される。

【0030】

図 6 (c) は別の軸方向位置での断面を示す径方向断面形状である。図 6 (c) において図 6 (a) と異なるのは、回転子鉄心 1 1 の d 軸側外周面にスロットピッチと略等しくした磁極角度 1 を設けて磁極鉄心 1 9 を形成し、さらに円弧状にカットした円弧凹部 2 3 を介して磁極開度 1 より狭くした磁極角度 2 の磁極部 2 4 を形成し、磁極開度 2 と磁極開度 1 の間には片側を同一にしているのので 印で示した B 部の段差が磁極部 2 4 の左側に形成される。なお、 印で示した段差は鋭角で図示しているが、製作面からなだらかにしても差し支えない。

10

【0031】

図 6 (a) , 図 6 (b) , 図 6 (c) の回転子を軸方向に積層したのが図 7 であり、図 7 より、V 字形状の永久磁石 2 1 が軸方向に同一位置に連続した永久磁石挿入孔 2 0 中に納められ、軸方向によって磁極部 2 4 のみの周方向位置が異なることが分かる。

【0032】

本実施例において、図 4 と異なるのは永久磁石 2 1 の形状であり、実施形態 1 と同一効果が得られる。

【0033】

(実施形態 3)

図 8 は、本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 3 の回転子 3 を拡大して、回転子の斜視図を示す図である。図 8 に示す実施形態 3 において、図 1 の実施形態 1 と異なる点は、図 1 (a) に示した回転子鉄心 1 1 と図 1 (c) に示した回転子鉄心 1 1 のみを回転子 3 の軸方向に積層したものであり、図 1 (a) に示した回転子鉄心 1 1 と図 1 (c) に示した回転子鉄心 1 1 の合わせ面での磁気的な変化が急峻にはなるが、総じて本実施形態 3 においても、図 1 の実施形態 1 と同様の効果が得られる。

20

【0034】

(実施形態 4)

図 9 は、本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 4 の回転子 3 を拡大して、回転子の斜視図を示す図である。図 9 に示す実施形態 4 において、図 1 の実施形態 1 と異なる点は、図 1 (a) に示した回転子鉄心 1 1 を軸方向両側に配置し、図 1 (c) に示した回転子鉄心 1 1 を中央部に配置させて軸方向に積層したものである。これにより、磁極部 1 8 は V 字状に配置される結果、回転子 3 に軸方向推力が発生せず、図 1 の実施形態 1 と同様の効果が得られる。ここで、回転子鉄心の磁極の軸方向の上下部が同一形状となっているので、上下部で同じ部材が利用でき、製造コストが抑えられる。

30

【0035】

(実施形態 5)

図 1 0 は、本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 5 の回転子 3 を拡大して、回転子の斜視図を示す図である。図 1 0 に示す実施形態 5 において、図 7 の実施形態 2 と異なる点は、図 6 (a) に示した回転子鉄心 1 1 と図 6 (c) に示した回転子鉄心 1 1 のみを回転子 3 の軸方向に積層したものであり、図 6 (a) に示した回転子鉄心 1 1 と図 6 (c) に示した回転子鉄心 1 1 の合わせ面での磁気的な変化が急峻にはなるが、総じて本実施形態 5 においても、図 1 の実施形態 1 と同様の効果が得られる。

40

【0036】

(実施形態 6)

図 1 1 は、本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 6 の回転子 3 を拡大して、回転子の斜視図を示す図である。図 1 1 に示す実施形態 6 において、図 7 の実施形態 2 と異なる点は、図 6 (a) に示した回転子鉄心 1 1 を軸方向両側に配置し、図 6 (c) に示した回転子鉄心 1 1 を中央部に配置させて軸方向に積層したものである。これにより、磁極部 2 4 は V 字状に配置される結果、回転子 3 に軸方向推力が発生せず、図 1 の実施形態 1 と同様の効果が得られる。

50

【0037】

(実施形態7)

図12は、本発明による永久磁石式回転電機の実施形態7の回転子3を拡大して、回転子の斜視図を示す図である。図12に示す実施形態7において、図1の実施形態1と異なる点は、図1(a)に示した回転子鉄心11を軸方向両側に配置し、円弧凹部17を形成していない回転子鉄心11の磁極鉄心25を中央部に配置させて軸方向に積層したものである。言い換えれば、図1(a)に示した回転子鉄心11と図1(c)に示した回転子鉄心11とを積層し(磁極鉄心Iと略す)、その中間に円弧凹部17を形成していない回転子鉄心11の磁極鉄心25(磁極鉄心IIと略す)を配置したものである。これにより、磁極鉄心I間に磁極鉄心IIが存在するため、磁気的な変化が和らげられ、総じて本実施形態7においても、図1の実施形態1と同様の効果が得られる。

10

【0038】

(実施形態8)

図13は、本発明による永久磁石式回転電機の実施形態8の回転子3を拡大して、回転子の斜視図を示す図である。図13に示す実施形態8において、図7の実施形態2と異なる点は、図6(a)に示した回転子鉄心11を軸方向両側に配置し、円弧凹部17を形成していない回転子鉄心11の磁極鉄心26を中央部に配置させて軸方向に積層したものである。言い換えれば、図6(a)に示した回転子鉄心11と図6(c)に示した回転子鉄心11とを積層し(磁極鉄心Iと略す)、その中間に円弧凹部17を形成していない回転子鉄心11の磁極鉄心26(磁極鉄心IIと略す)を配置したものである。これにより、磁極鉄心I間に磁極鉄心IIが存在するため、磁気的な変化が和らげられ、総じて本実施形態8においても、図1の実施形態1と同様の効果が得られる。

20

【0039】

(実施形態9)

図14は本発明に関わる圧縮機の断面構造である。圧縮機は、固定スクロール部材27の端板28に直立する渦巻状ラップ29と、旋回スクロール部材30の端板31に直立する渦巻状ラップ32とを噛み合わせて形成し、旋回スクロール部材30をクランクシャフト33によって旋回運動させることで圧縮動作を行う。固定スクロール部材27及び旋回スクロール部材30によって形成される圧縮室34(34a, 34b, ...)のうち、最も外径側に位置している圧縮室は、旋回運動に伴って両スクロール部材27, 30の中心に向かって移動し、容積が次第に縮小する。圧縮室34a, 34bが両スクロール部材27, 30の中心近傍に達すると、両圧縮室34内の圧縮ガスは圧縮室34と連通した吐出口35から吐出される。吐出された圧縮ガスは、固定スクロール部材27及びフレーム36に設けられたガス通路(図示せず)を通してフレーム36下部の圧縮容器37内に至り、圧縮容器37の側壁に設けられた吐出パイプ38から圧縮機外に排出される。また、本圧縮機では、圧力容器37内に、永久磁石式回転電機1が内封されており、別置のインバータ(図示せず)によって制御された回転速度で回転し、圧縮動作を行う。ここで、永久磁石式回転電機1は、固定子2と回転子3から構成され、クランクシャフト33の内部には油孔39が形成され、クランクシャフト33の回転によってフレーム36の下部にある油溜め部40の潤滑油が油孔39を介して滑り軸受け41, 軸受け42に供給される。

30

40

【0040】

図14では固定子2と回転子3の軸方向位置を同じくしているが、図15に示すように、固定子2と回転子3の軸方向位置をずらしても差し支えない。

【0041】

圧縮機は空気調和機, 冷蔵庫、あるいは冷凍庫等の駆動源として用いられているが、一年中稼働しているため、地球温暖化問題から省エネルギー化を図る最重要製品である。この駆動源に永久磁石式回転電機を使用すると回転電機の高効率化によって省エネルギー化を図れるが、騒音を小さくしなければ採用できない。しかし、本発明の永久磁石式回転電機を駆動源とした場合、騒音が小さく、環境問題を解消できるので、高効率で省エネルギー化を図れる圧縮機を提供できる。

50

【 0 0 4 2 】

【 発明の効果 】

上述のように、本発明によれば、集中巻を採用した固定子のティースの内周面にベベリングを施し、回転子の磁極部を軸方向にあって円周方向にずらすことにより運転時の脈動トルクを半減できることから、低騒音の永久磁石式回転電機を提供できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 1 の径方向断面形状を示す断面図。

【 図 2 】 本発明による実施形態 1 の固定子の径方向断面形状を示す断面図。

【 図 3 】 図 1 の回転子を拡大して、回転子の径方向断面形状を示す断面図。

【 図 4 】 本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 1 の回転子の斜視図。

10

【 図 5 】 本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 1 の脈動トルクを示す図。

【 図 6 】 本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 2 の回転子の径方向断面形状を示す断面図。

【 図 7 】 本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 2 の回転子の斜視図。

【 図 8 】 本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 3 の回転子を拡大して、回転子の斜視図。

【 図 9 】 本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 4 の回転子を拡大して、回転子の斜視図。

【 図 1 0 】 本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 5 の回転子を拡大して、回転子の斜視図。

20

【 図 1 1 】 本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 6 の回転子を拡大して、回転子の斜視図。

【 図 1 2 】 本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 7 の回転子を拡大して、回転子の斜視図。

【 図 1 3 】 本発明による永久磁石式回転電機の実施形態 8 の回転子を拡大して、回転子の斜視図。

【 図 1 4 】 本発明に関わる圧縮機の断面形状。

【 図 1 5 】 本発明に関わる圧縮機の断面形状。

【 符号の説明 】

1 ... 永久磁石式回転電機、 2 ... 固定子、 3 ... 回転子、 4 ... ティース、 5 ... コアバック、 6 ... 固定子鉄心、 7 ... スロット、 8 ... 電機子巻線、 9 ... ティース円弧状部分、 1 0 ... ベベリング、 1 1 ... 回転子鉄心、 1 2 , 2 0 ... 永久磁石挿入孔、

30

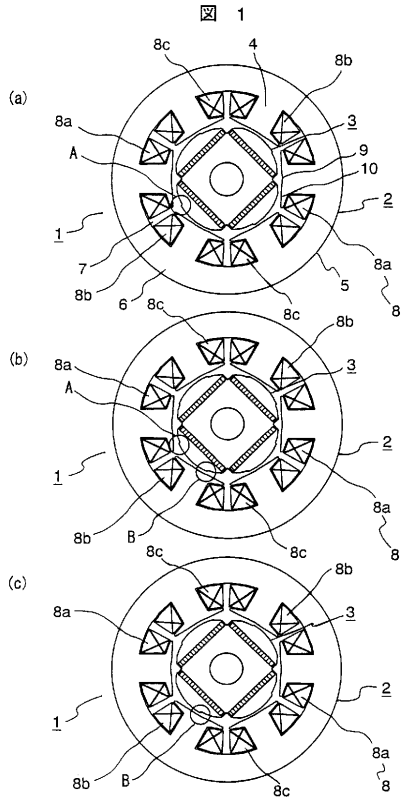
1 3 , 2 1 ... 永久磁石、 1 4 ... シャフト孔、 1 5 , 2 2 ... 凹部、 1 6 , 1 9 ,

2 5 , 2 6 ... 磁極鉄心、 1 7 , 2 3 ... 円弧凹部、 1 8 , 2 4 ... 磁極部、 2 7 ... 固定スクロール部材、 2 8 , 3 1 ... 端板、 2 9 , 3 2 ... ラップ、 3 0 ... 旋回スクロール部材、 3 3 ... シャフト、 3 4 ... 圧縮室、 3 5 ... 吐出口、 3 6 ... フレーム、

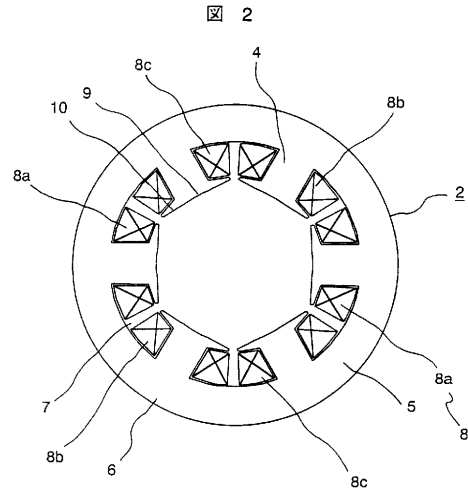
3 7 ... 圧縮容器、 3 8 ... 吐出パイプ、 3 9 ... 油孔、 4 0 ... 油溜め部、 4 1 ... 滑り軸受け、

4 2 ... 軸受け。

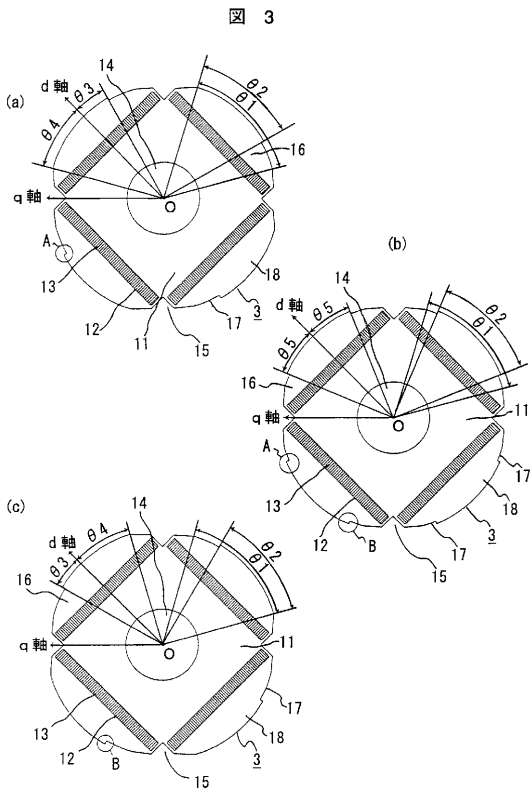
【 図 1 】



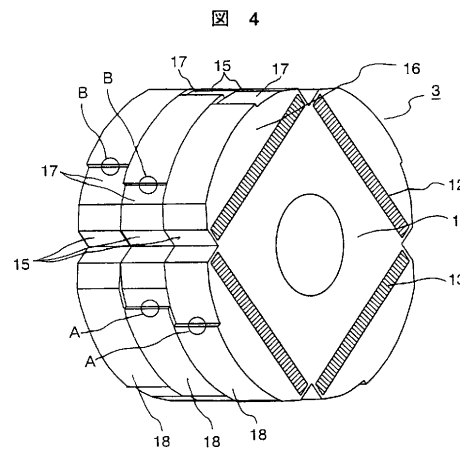
【 図 2 】



【 図 3 】

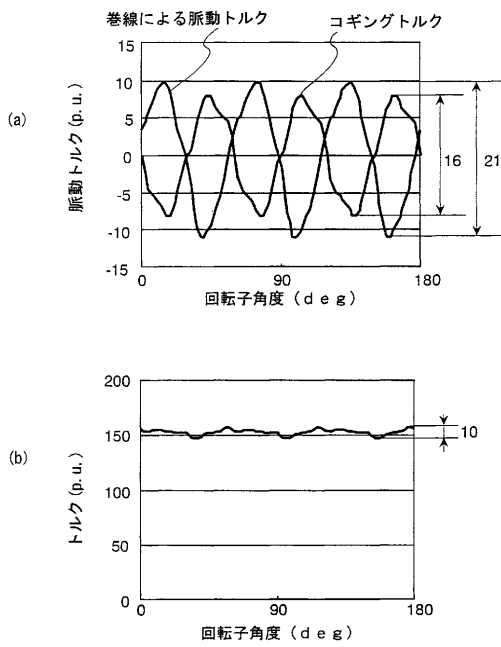


【 図 4 】



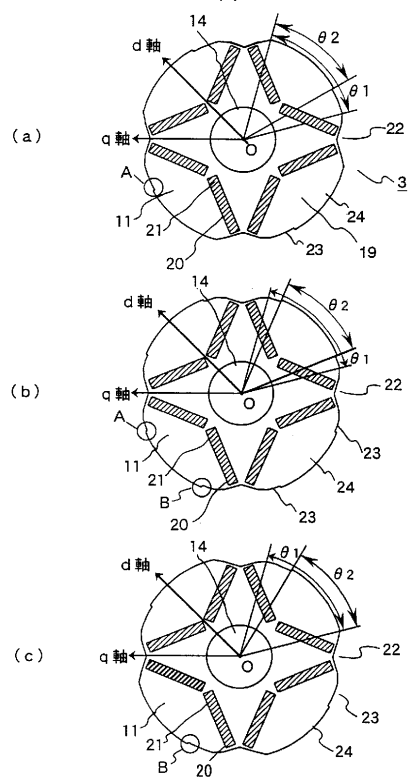
【 図 5 】

図 5



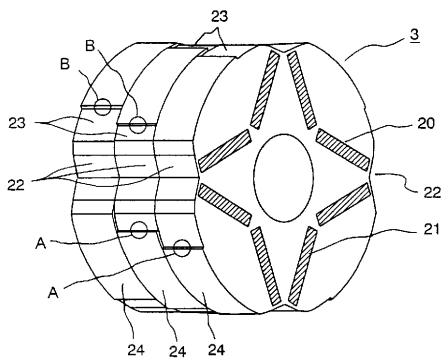
【 図 6 】

図 6



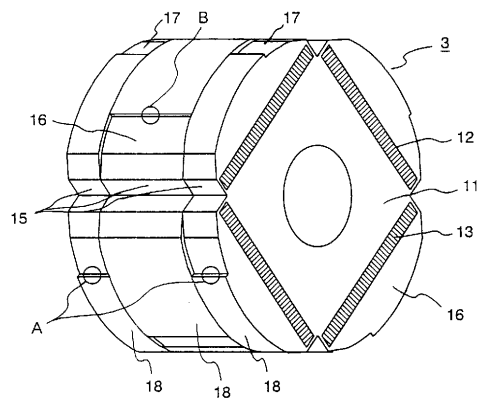
【 図 7 】

図 7



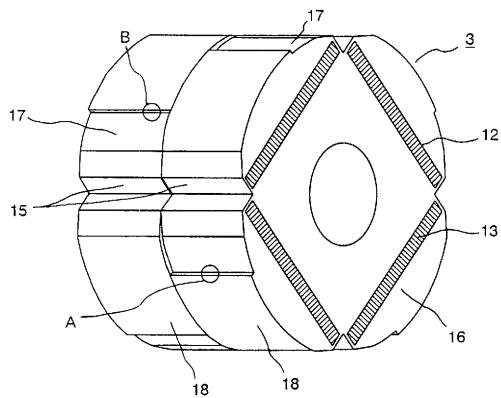
【 図 9 】

図 9

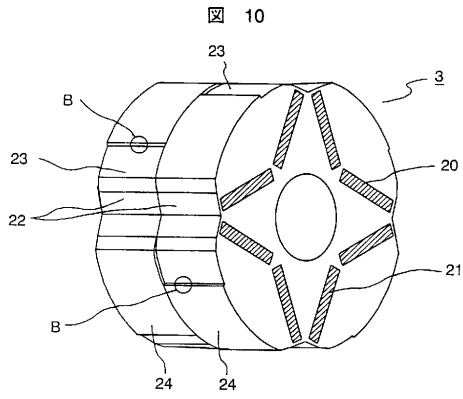


【 図 8 】

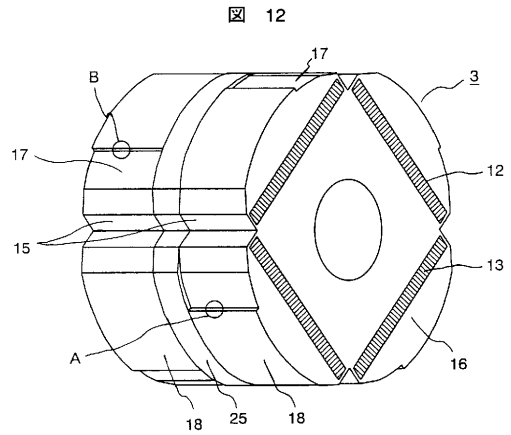
図 8



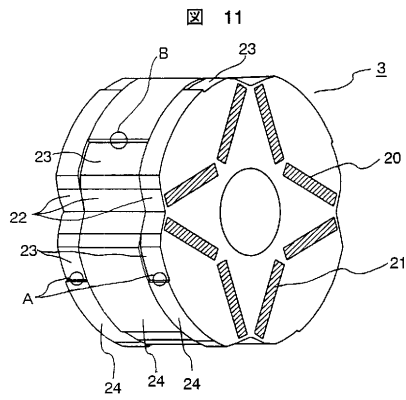
【 図 1 0 】



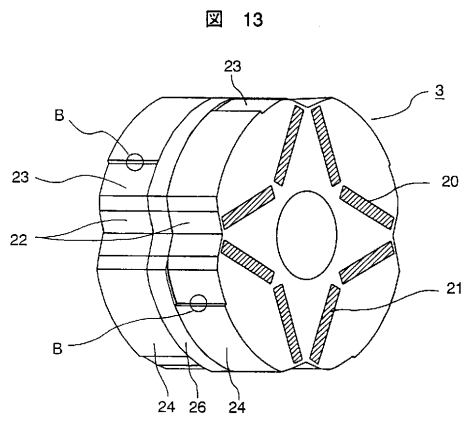
【 図 1 2 】



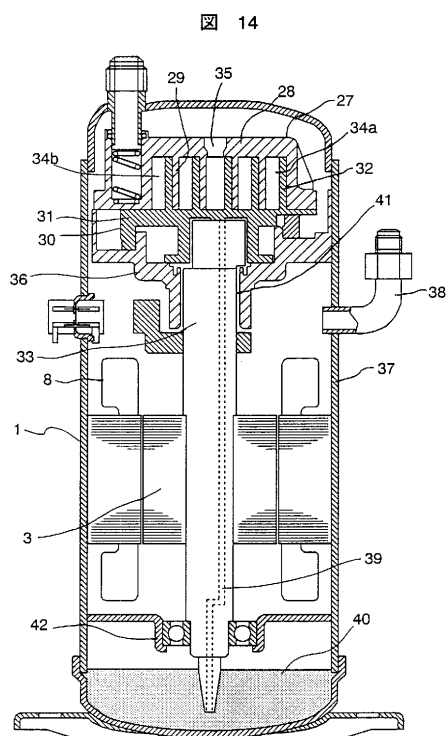
【 図 1 1 】



【 図 1 3 】

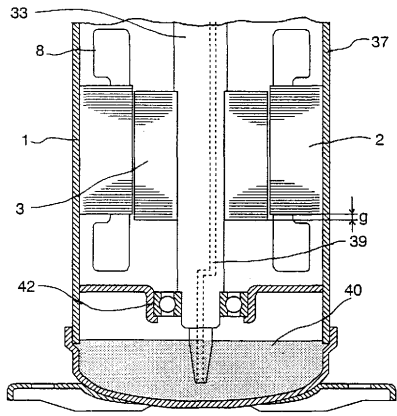


【 図 1 4 】



【 図 15 】

図 15



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
H 0 2 K 1/27	H 0 2 K 1/27	5 0 1 A
H 0 2 K 19/10	H 0 2 K 1/27	5 0 1 K
H 0 2 K 21/24	H 0 2 K 1/27	5 0 1 M
	H 0 2 K 19/10	A
	H 0 2 K 21/24	M

(72)発明者 菊地 聡

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号

株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 妹尾 正治

千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号

株式会社日立産機システム内

(72)発明者 野間 啓二

千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号

株式会社日立産機システム内

Fターム(参考) 3H003 AA05 AB03 AC03 BA00 CF04

3H029 AA02 AA14 AB03 BB41 BB51 CC07 CC27

3H039 AA03 AA06 AA12 BB00 BB21 CC32

5H002 AA01 AA04 AE07

5H619 AA01 BB01 BB06 BB15 BB24 PP08

5H621 AA02 GA04 JK03

5H622 AA02 AA03 CA05 CA07 CA10 CA13 CB01 CB05 PP10