

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年12月24日(24.12.2020)



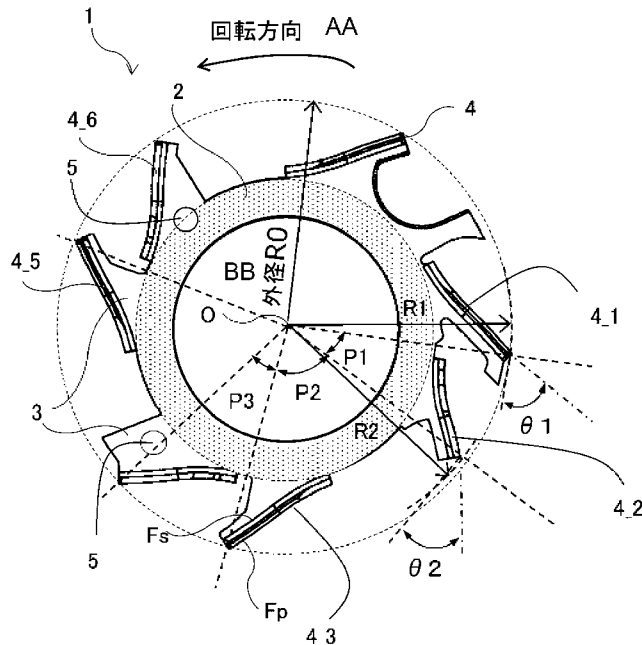
(10) 国際公開番号
WO 2020/255334 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 29/30 (2006.01) *F04D 29/66* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/024510
- (22) 国際出願日: 2019年6月20日(20.06.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 武石 恵介 (TAKEISHI Keisuke); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP), 南真一郎(MINAMI Shinichiro); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP), 井上 真吾(INOUE Shingo); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大岩 増雄, 外 (OIWA Masuo et al.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目35番8号 Hyogo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) Title: CENTRIFUGAL FAN AND ROTARY ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 遠心ファンおよび回転電機

図1



AA Rotation direction
BB Outer diameter

(57) Abstract: In the conventional centrifugal fan having irregularly spaced blades, the noise is modulated in the frequency band around the number of blades Z, and it is particularly difficult to reduce high-frequency noise. In a centrifugal fan (1) including a main plate 2 having a rotation center (O) and a plurality of blades (4) extending from the main plate (2) in the direction of a rotation axis passing through the rotation center (O), at least some of the plurality of blades (4) are arranged so that the distances between the adjacent blades (4) are irregular, the length direction of the blades (4) extends



WO 2020/255334 A1

KN, KP, KR, KW, 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) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

from the inner peripheral side to the outer peripheral side of the main plate (2), in the set of blades with the smallest distance between the blades adjacent in the rotation direction from among the plurality of blades (4), the blade (4_2) located on the rear side in the rotation direction and the blade (4_1) located on the front side in the rotation direction have different shapes on the outer peripheral side, and the blade (4_2) located on the rear side in the rotation direction is configured to have a smaller action of discharging the fluid in the outer peripheral direction than the blade (4_1) located on the front side in the rotation direction.

(57) 要約：従来の不等間隔の羽根を有する遠心ファンでは、n z 騒音が、羽根枚数 Z 前後の周波数帯に変調され、特に高周波騒音の低減が課題であった。回転中心 (O) を有する主板 2 と主板 (2) から回転中心 (O) を通る回転軸の方向に伸びる複数の羽根 (4) とを備えた遠心ファン (1) において、複数の羽根 (4) は少なくとも一部に隣り合う羽根 (4) の間隔が不等間隔となる配置を含み、羽根 (4) の長さ方向は主板 (2) の内周側から外周側に伸びており、複数の羽根 (4) のうち、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組において、回転方向後ろ側にある羽根 (4_2) と回転方向前側にある羽根 (4_1) の外周側の形状を異ならせ、回転方向後ろ側にある羽根 (4_2) は回転方向前側にある羽根 (4_1) よりも流体を外周方向に放出させる作用を小さくするように構成した。

明 細 書

発明の名称：遠心ファンおよび回転電機

技術分野

[0001] 本願は、遠心ファンおよび回転電機に関するものである。

背景技術

[0002] 遠心ファンは、回転羽根車により流体を回転軸方向から吸い込み、回転半径方向に吐出するもので、空気をはじめとする気体及び冷媒のような液体を輸送する目的で使用される。

[0003] 例えば特許文献1には、円周方向に複数配置される羽根と、羽根の軸方向の一端に円盤状あるいはお椀状のハブと、羽根の軸方向の他端に円環状のシュラウドとを備えた遠心ファンが開示されている。また、この特許文献1においては、円環状のシュラウドに補助羽根を設け、羽根あるいは補助羽根の形状あるいは間隔を変化させることで風量性能の向上と低騒音化を実現している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-77631号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1においては、羽根および補助羽根の間隔をランダムに配置するあるいは枚数を変えることにより、遠心ファンにより生じる騒音の周波数を変調させ、特定周波数の騒音を低減することが開示されている。しかし、従来構造の遠心ファンでは、例えば羽根枚数を Z とし、羽根枚数 Z から変化させて遠心ファンから生じる周波数を変調させた場合、羽根枚数 Z よりも小さい周波数に変調された騒音値の大きい成分と、羽根枚数 Z よりも大きい周波数帯に変調された騒音値の大きい成分とが同時に発生し、不快感を与えるという課題が生じていた。これは、回転数を n とすると、 $n \times Z$ の周波数で示

される $n z$ 騒音に起因するもので、羽根枚数 Z よりも小さい、 $Z - 1$, $Z - 2$, \dots の周波数に変調された騒音値の大きい成分と、羽根枚数 Z よりも大きい $Z + 1$, $Z + 2$, \dots の周波数帯に変調された騒音値の大きい成分とが同時に発生するためである。特に、車載用回転電機の冷却用に遠心ファンを適用する場合は、エンジン音によりマスキングされるため低周波数帯の騒音は目立たず、高周波数帯の騒音値が大きい場合に不快感が大きいという課題が生じていた。

[0006] 本願は、このような従来の課題を解決しようとするもので、不等間隔の複数の羽根を有する遠心ファンにおいて、風量を低減させることなく、高周波数帯の騒音値を低減させることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本願に開示される遠心ファンは、回転中心を有する主板と前記主板から前記回転中心を通る回転軸の方向に伸びる複数の羽根とを備えた遠心ファンであって、複数の前記羽根は少なくとも一部に隣り合う羽根の間隔が不等間隔となる配置を含み、前記羽根の長さ方向は前記主板の内周側から外周側に伸びており、前記複数の羽根のうち、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組において、回転方向後ろ側にある前記羽根と回転方向前側にある前記羽根と記羽根の外周側の形状が異なり、回転方向後ろ側にある前記羽根は回転方向前側にある前記羽根よりも流体を外周方向に放出させる作用を小さくしたものである。

発明の効果

[0008] 本願に開示される遠心ファンによれば、風量を低減することなく、高周波数帯の騒音値を低減することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態1に係る遠心ファンの概略を示す構成図である。

[図2]実施の形態1に係る遠心ファンの一部拡大図である。

[図3]図2中 $X - X'$ 方向の断面図である。

[図4]実施の形態1に係る遠心ファンの別の一部拡大図である。

[図5]実施の形態1に係る別の遠心ファンの一部拡大図である。

[図6]遠心ファンから生じるn z騒音を示した図である。

[図7]実施の形態5に係る遠心ファンのn z騒音低減効果を示す図である。

[図8]実施の形態9に係る車両用交流発電機の概要を示した一部断面図である。

。

[図9]実施の形態9に係る車両用交流発電機の回転子及び遠心ファンの一部構成を示した図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本実施の形態について図を参照して説明する。なお、各図中、同一符号は、同一または相当する部分を示すものとする。以下の実施の形態においては、流体として空気を例にして説明するが、これに限るものではなく、他の気体あるいは冷媒のような液体であってもよい。

[0011] 実施の形態1.

以下、実施の形態1に係る遠心ファンについて図を用いて説明する。

図1は、本実施の形態1に係る遠心ファンの概略構成を示した図である。図において、遠心ファン1は円環状の主板2と、主板2の外周から主板2と同一面に伸びて形成された複数の腕状板3と、それぞれの腕状板3の縁部に立設した羽根4（各羽根は後述する符号4__1、4__2・・・が付されている）とを備えている。

主板2には、その中央付近に回転中心が存在し、その回転中心を通り主板2の主面と直交するように回転軸が設けられる。また主板2は、回転する物体、例えば回転電機の回転子等に取り付けられる。図1で示されるように、主板2の中央部には例えば回転電機の回転軸となるシャフト（後述する実施の形態9を参照）を通すための穴が設けられている。主板2の中央部が羽根4の形成された軸方向に向かってお椀状に膨らんでいる形状でもよい。主板2の一部に補強するためのリブあるいは突起を設けてもよい。また、回転電機に取り付ける場合は、回転子との位置決めのための切り欠き部を設けてもよい。

- [0012] 腕状板3は主板2の外周の一部から外側に向かって伸びて形成されており、主板2と同一平面にある。この腕状板3には強度補強用のリブなどを設けてもよい。隣接する2つの腕状板3の間には主板2の外周部（図中実線で示す）があってもよく、主板2の外周部がないように（図中主板2の外周部位置を破線で示す）隣接する腕状板3間で接続してもよい。
- [0013] 羽根4は腕状板3の外周端部から、回転軸方向におおよそ直角に立ち上がった形状であり、おおよそ回転軸と平行な部分である。羽根4は主板2と直角に形成されていなくてもよく、主板2と一定の角度を持つように設定してもよい。
- [0014] 主板2または主板2から伸びた腕状板3には冷却孔5を設けてもよく、その冷却孔5の形状は、円形状、楕円形状、略多角形状でもよく、また複数設けてもよい。さらに、冷却孔5を複数設ける場合には、それぞれの冷却孔の形状が異なる形状でもよい。また、主板2および主板から伸びた腕状板3に設けた冷却孔5において、回転子内部へ吸引される流れの通風抵抗を低減させるように、羽根4側の孔端部にラウンドまたは面取りを設けるようにしてもよい。
- [0015] このような構成により、主板2が回転した際に、羽根4に沿って外に放出されるような風を生じさせ、主板2の中心部分に流れ込んだ空気が、外周側に放出される遠心ファンとなっている。図1中の羽根4__3部分に示すように、羽根4の外側が空気流を放出する正圧面 F_p 、羽根4の内側（回転中心側）が負圧面 F_s である。また、図2に図1中の羽根4__3部分の拡大図を、図3に図2中のX-X'方向の断面図を示す。羽根4の軸方向の高さは、回転方向の前縁（X側）で低く、後縁（X'側）で高くして、前縁での風Wの衝突を小さくした形状としている。
- [0016] 羽根4は回転中心側が回転方向で前にあり、外周側が回転方向に後ろとなっている。このような羽根4は、一般に後向き羽根と呼ばれ、軸方向から空気を吸い込み、全周に空気を吹き出す、ターボファンとも呼ばれる遠心ファンを構成する。羽根4は平面でなく、たとえば、図2において外側からみ

ると内周側面 F_{in} （第一の部分）は凹面に見え、外周側面 F_{out} （第二の部分）は凸面に見える滑らかに接続された曲面で構成された面である。

[0017] さらに、羽根 4 は回転方向に不等間隔に形成されている。不等間隔とは、回転軸方向から見て隣接する羽根の外周端が回転中心を挟んでなす角度 P が、羽根間で一定でないような形態のことである。実施の形態 1 では、典型的な構成として、すべての羽根間の回転中心を挟んでなす角度 P が異なる構成としている。なお、少なくとも一部に隣り合う羽根の間隔が不等間隔となる配置を含んでいればよい。また、多数枚の羽根間のうち異なる羽根間で同じ角度 P となる構成を一部に含んでいてもよいが、羽根枚数に対してその半数より多い種類の角度 P が含まれていることが望ましい。

[0018] ここで、羽根 4 の形状を特定するパラメータについて図 1、3、4、5 を用いて説明する。図 4、5 は羽根 4 __ 1、4 __ 2 近傍の拡大図を示す。

図 1 に示すように、遠心ファン 1 の羽根枚数を Z 、回転軸方向から見て隣り合う 2 枚の羽根の最外周端どうしが回転中心 O を挟んでなす角度が最も小さい角度を角度 P_1 、角度 P_1 から反回転方向に順に隣り合う 2 枚の羽根の角度を P_2 、 \dots 、 P_Z とする。このとき、 P_1 の回転方向前側から反回転方向に設けられた羽根 4 __ 1、4 __ 2、 \dots 、4 __ Z とする。また、それぞれの羽根 4 __ 1、4 __ 2、 \dots 、4 __ Z における回転軸に垂直な断面上での羽根外径を R_1 、 R_2 、 \dots 、 R_Z とする。また、回転軸に垂直な断面において、各羽根の外周端における回転中心 O を中心とする円の接線、すなわち半径をそれぞれ R_1 、 R_2 、 \dots 、 R_Z とする円の羽根外終端の接線であって、この接線を外周端から回転方向後ろ側に伸ばした接線を基準に各羽根の外周端近傍の傾斜を外周端から延長した接線のなす角度を出口角度 θ_1 、 θ_2 、 \dots 、 θ_Z とする。図 4 に示すように、羽根の外周側が曲面であるので、端部付近、たとえば端部から 2 mm から 3 mm 程度の短い範囲から 2 点 (Q_1 、 Q_2) を選び、その 2 点を直線をつないで延長した線を延長の接線として、出口角度 θ_1 、 θ_2 、 \dots 、 θ_Z を求めればよい。

[0019] また、図 3 で示したように、羽根 4 が基板 2 から回転軸方向に最も離れる

長さを羽根4の高さHとし、各羽根4__1、4__2、・・・、4__Zに対応してその高さをH1、H2、・・・、HZとする。

また、それぞれの羽根4において、回転軸に垂直な断面上での外周側の反り半径をSとし、各羽根4__1、4__2、・・・、4__Zに対応してその反り半径をS1、S2、・・・、SZとする。上述したように、本実施の形態においては羽根の内径側は回転方向側に凹形状、外周側は凸形状となり、内周側と外周側は滑らかに接続されている。図4に示すように、反り半径Sは各羽根の外周側の反り半径としている。

[0020] 本実施の形態においては、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる2つの羽根の組のうち回転方向後ろ側にある羽根4__2の反り半径S2は、その他の全ての羽根の反り半径よりも小さい。すなわち羽根4__2は $S2 < (S1, S3, \dots, SZ)$ の最小値)に設定した羽根である。ここで、隣り合う羽根間隔が最も小さい2つの羽根とは、2つの羽根の最外周端が回転中心Oを挟んでなす角度Pが最も小さくなる角度P1を構成する羽根の組み合わせである。

[0021] なお、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる2つの羽根の組のうち回転方向後ろ側にある羽根4__2の反り半径S2は、少なくとも回転方向前側にある羽根4__1の反り半径S1よりも小さく設定すればよい。

このように、羽根4__2の反り半径S2をすべての羽根の反り半径より小さいあるいは羽根4__1の反り半径S1よりも小さく設定することで、羽根4__2から遠心方向に吹出される流れが他の羽根による作用よりも小さくなり、羽根4__2の前後で生じる急激な流速変化を抑えることになる。羽根の間隔が狭いほど高い周波数の騒音が生じやすい。羽根4__1と羽根4__2との間隔が最も狭いため、高周波のnz騒音を低減させるには羽根4__2の反り半径S2を小さくすることが最も効果的である。

[0022] ここで、nz騒音について説明する。nz騒音は遠心ファンから生じる回転数に起因した離散周波数騒音であり、回転数をn、羽根枚数をZとすると、 $n \times Z$ の周波数で記述される。例えば、羽根枚数6枚($Z = 6$)の羽根が

等間隔（等ピッチ）に配置されたファンを回転数6000rpm（周波数1000Hz）で回転させると、600Hzのnz騒音が生じる。回転数を1.5倍の9000rpm（周波数1500Hz）にすると、周波数が1.5倍の900Hzのnz騒音が生じる。

図6は、遠心ファンから生じるnz騒音を示す図で、横軸はnz騒音の周波数であるが回転数を一定として便宜上羽根枚数のZ（Z=1, 2, 3・・・）で示している。縦軸は騒音値[dB]である。図6において、等ピッチの場合は羽根枚数6枚（Z=6）の場合であり、Z=6にnz騒音が生じる。比較例1、2は等ピッチの場合と同じ羽根枚数6枚（Z=6）で羽根間隔が不等間隔である遠心ファンを等ピッチの場合と同じ回転数で回転させた例である。また比較例1、2は羽根間隔の異なる例である。比較例1、2のように不等間隔の羽根では、Z=6のnz騒音は低減するが、Z=5あるいはZ=7等のZ=6の前後でnz騒音が大きくなる。そして、Z=6より大きい高周波成分（高周波帯）は間隔が狭い羽根において生じる。これに対し、本実施の形態1のように、間隔が最も小さい2つの羽根4__1、4__2の後ろ側にある羽根の反り半径を前側の羽根の反り半径よりも小さくして急激な流速変化を抑えることにより、羽根4__1と羽根4__2の負圧面で生じる剥離を抑制し、遠心ファンの風量低下を抑えつつ、nz騒音の遠心ファンの羽根枚数よりも大きい高周波成分を低減させることが可能となる。

比較例1の不等間隔の遠心ファンにおいて、間隔が最も小さい2つの羽根の後ろ側にある羽根の反り半径を前側の羽根の反り半径よりも小さくした遠心ファンを実施の形態1の遠心ファンとし、図6ではそのnz騒音を示している。本実施の形態1に係る遠心ファンのnz騒音は、破線及び矢印で示すように、Z=6より低周波数側で最も大きな騒音値を示すZ=4の騒音値よりも高周波側であるZ=7及びZ=8の騒音値は小さくなっている。また、比較例1のZ=7及びZ=8における騒音値よりそれぞれ小さく、比較例2のZ=7における騒音値より十分小さく、Z=8における騒音値と同程度まで抑制されていることがわかる。すなわち、本実施の形態1に係る遠心ファ

ンでは $Z = 6$ より高周波数側におけるトータルの騒音値が比較例1、2より低減している。

[0023] 上述のように不等間隔の羽根を有する遠心ファンでは、間隔が狭い箇所を構成する羽根において高周波成分が生じるため、間隔が最も小さい2つの羽根の後ろ側にある羽根が、急激な流速変化を抑制する形状を持つようにすればよい。実施の形態1ではその形状として、間隔が最も小さい2つの羽根の後ろ側にある羽根の反り半径を少なくとも前側の羽根の反り半径よりも小さくした。ここで、後ろ側にある羽根が急激な流速変化を抑制する形状とは、前側の羽根よりも羽根として空気を外周に放出させる作用を小さくするような形状を意味する。但し、形状を変化させるパラメータによっては、その作用を小さくしすぎると遠心ファンとして風量が低下する虞もある。

[0024] 本実施の形態において、間隔が最も小さくなる2つの羽根のうち回転方向後ろ側にある羽根の外周側の反り半径 S_2 を、前側にある羽根の外周側の反り半径 S_1 の半分以下とすると望ましく、 $1/3$ 以下とするとさらによい。反り半径 S_2 を反り半径 S_1 より $1/2$ 以下あるいは $1/3$ 以下にすることで騒音の高周波成分がさらに低減される。

[0025] 間隔が最も小さくなる2つの羽根の反り半径の関係に加え、さらに間隔が2番目または3番目に小さくなる2つの羽根のうち回転方向後ろ側にある羽根の外周側の反り半径を、前側にある羽根の外周側の反り半径よりも小さくなるようにしてもよい。なお、本実施の形態では最も間隔が狭い羽根の対の中心とおおよそ反対側となる位置にある2枚の羽根の対、図1中羽根4__4、4__5を、2番目または3番目に間隔の小さくなる羽根の対としている。このような羽根の対に対しても、同様な反り半径の関係、すなわち $S_5 < S_4$ 、あるいは $S_5 < S_4 \times 1/2$ 、あるいは $S_5 < S_4 \times 1/3$ とすることによって、高周波成分を低減させる効果をさらに向上させることができる。

[0026] なお、図1、4では、隣り合う羽根の間隔が最も小さい2つの羽根、すなわち角度 P_1 形成する羽根4__1、4__2の外径 R_1 、 R_2 を $R_1 > R_2$ とした例を図示していたが、本実施の形態においては、上述の反り半径の関係

$S_2 < S_1$ を満たせば、図5のように、羽根4__1、4__2の外径 R_1 、 R_2 を等しく ($R_1 = R_2$) してもよいし、これらが最も外径の大きな値である R_0 と等しくてもよい ($R_1 = R_2 = R_0$)。他の羽根も同様にすべて R_0 と等しくてもよい。なお、隣り合う羽根の間隔が最も小さい2つの羽根、すなわち角度 P_1 形成する羽根4__1、4__2の外径 R_1 、 R_2 を $R_1 > R_2$ とする作用効果については後述の実施の形態3に記す。

[0027] 以上のように、本実施の形態によれば、遠心ファンにおいて、羽根を不等間隔に配置するとともに、間隔が最も小さくなる2つの羽根のうち回転方向後ろ側にある羽根の外周側の反り半径 S_2 を、前側にある羽根の外周側の反り半径 S_1 より小さくしたので、等間隔の羽根を有する同じ枚数の遠心ファンと同じ風量を実現でき、従来の不等間隔のものより騒音の高周波成分が低減されるため、A特性補正の効果が大きくなり、遠心ファンから生じる騒音のA特性音圧レベル (A-weighted sound pressure level) を大きく低減することができる。

[0028] 上述では、羽根4を外側からみると内周側面を凹面に、外周側面を凸面に見える滑らかに接続された曲面で構成した例を示したが、変更してもよい。間隔が最も小さくなる2つの羽根のうち回転方向後ろ側にある羽根の外周側の反り半径を、前側にある羽根の外周側の反り半径よりも小さくなるようにすれば、羽根4は、その一部、または全部が回転軸に対して適度な角度で傾斜する形状であっても良く、軸方向から見ると、羽根4の形状は直線状でも、円弧状でも、S字状でもよい。さらに、羽根4の羽根形状は同一でも、複数の羽根形状を組み合わせてもよい。

[0029] 羽根どうしを不等間隔としているので、腕状板3の位置も回転方向に不均等な間隔になり、近接し合う2つの腕状板3の間では主板2のリング状部分が露出せず、すなわち、2つの腕状板3の主板2とつながる基部部分が部分的につながる形のようにもよい。

[0030] 羽根4を径方向に伸びた腕状板3の外周端部に設けたので、主板2に切り込みを入れ、一部を立ち上げる折り曲げ加工をすることで、主板2から腕状

板3とともに羽根4を連続した板の曲げ加工で形成することも可能である。しかし、羽根4は径方向に伸びた腕状板3の外周端部に設ける必要はなく、腕状板3の内部であればよい。

[0031] 冷却孔5は全ての腕状板3に設けてもよいが、1つのみ設けるようにしてもよい。冷却孔5だけでなく、軸方向に流れる空気流を増加させるために腕状板3の径方向の一部を細くしてもよい。たとえば、冷却孔5を設けていない腕状板3に径方向の回転前縁または後縁に切り欠きを設けて軸方向に流れる空気流を増加させることができる。冷却孔5を通過して、羽根4が傾斜する方向と逆方向に空気が流れやすいように、遠心ファン1が設置されることが望ましい。冷却孔5を通過した空気は、遠心ファンの回転軸方向へ抜けるとともに、主板2の回転に伴い一部は遠心方向へと流れる。また、主板2及び腕状板3に冷却孔5を設けることで、軽量化することもできる。また、上述したように腕状板3の設置密度が高い箇所により冷却孔5を多く設けることにより、遠心ファン1の重心を回転中心に近づけることができ、アンバランスを修正することが可能となる。

[0032] また、羽根4の主板2とは反対の端に円環状のシュラウドを設けてもよい。

[0033] 実施の形態2.

以下、実施の形態2に係る遠心ファンについて説明する。

上記実施の形態1においては、不等間隔の羽根を有する遠心ファンにおいて、間隔が狭い羽根が高周波成分を生じることに対し、間隔が最も小さい2つの羽根の後ろ側にある羽根の外周側反り半径を前側の羽根の外周側の反り半径よりも小さくして、後ろ側にある羽根の急激な流速変化を抑えるようにした。本実施の形態2では、図1、4、5で示される、後ろ側にある羽根4__2の出口角度 $\theta 2$ を調整する例について説明する。

[0034] 間隔が最も小さい2つの羽根の後ろ側にある羽根4__2の出口角度 $\theta 2$ を他の全ての羽根の出口角度よりも小さく、すなわち、

$$\theta 2 < (\theta 1, \theta 3, \dots, \theta Z \text{の最小値})$$

に設定する。このように出口角度を小さくすることで、羽根4の外周から剥離する空気の乱れが小さくなる。これにより、実施の形態1と同様に騒音の高周波成分が低減される効果を奏する。

なお、間隔が最も小さくなる2つの羽根のうち回転方向後ろ側にある羽根4__2の出口角度 θ_2 を、少なくとも前側にある羽根4__1の出口角度 θ_1 より小さくするとよく、したがって $0 < \theta_2 < \theta_1$ となるようにするとよい。その結果、羽根4__2の外周側での急激な流速変化を抑えることができ、騒音の高周波成分低減が可能である。ただし、 θ が小さくなりすぎると、羽根としての空気を外周に放出させる効果が小さくなって、送風性能が低下することがある。このため、 θ_2 は $20^\circ \sim 70^\circ$ の範囲にあって、 θ_1 よりも $5^\circ \sim 15^\circ$ 程度小さな角度であるとよい。

[0035] 以上のように、本実施の形態2によれば、遠心ファンにおいて、羽根を不等間隔に配置するとともに、間隔が最も小さくなる2つの羽根のうち回転方向後ろ側にある羽根の出口角度 θ_2 を、少なくとも前側にある羽根の出口角度より小さくしたので、従来の不等間隔のものより騒音の高周波成分が低減される。

[0036] 実施の形態3.

以下、実施の形態3に係る遠心ファンについて説明する。

本実施の形態3においては、不等間隔の羽根を有する遠心ファンにおいて、間隔が狭い羽根が高周波成分を生じることに対し、間隔が最も小さい2つの羽根の後ろ側にある羽根4__2の外径 R_2 を調整する例について説明する。

[0037] 間隔が最も小さい2つの羽根の後ろ側にある羽根4__2の羽根外径 R_2 を他の全ての羽根の羽根外径よりも小さく、すなわち

$$R_2 < (R_1, R_3, \dots, R_Z \text{の最小値})$$

に設定する。このように設定することで、回転方向の直前にある羽根4__1で生じた乱流を、後ろ側の羽根4__2が再び乱す現象が抑えられる。その結果、羽根4__2の外周側での急激な流速変化を抑えることができ、騒音の高

周波成分低減が可能である。

ただし、他に比べてR2を小さくしすぎると羽根としての空気を外周に放出させる効果が小さくなって、送風性能が低下することがある。このため、図1、4に示されるように間隔が最も小さくなる2つの羽根のうち回転方向後ろ側にある羽根の外径R2は、前側にある羽根の外径R1の90~99%とすると望ましく、95~98%とするとさらによい。

[0038] 以上のように、本実施の形態3によれば、遠心ファンにおいて、羽根を不等間隔に配置するとともに、間隔が最も小さくなる2つの羽根のうち回転方向後ろ側にある羽根の外径R2を、少なくとも前側にある羽根の外径R1より小さくしたので、従来の不等間隔のものより騒音の高周波成分が低減される。

[0039] 実施の形態4.

以下、実施の形態4に係る遠心ファンについて説明する。

本実施の形態4においては、不等間隔の羽根を有する遠心ファンにおいて、間隔が狭い羽根が高周波成分を生じることに対し、間隔が最も小さい2つの羽根の後ろ側にある羽根4_2の高さH2を調整する例について説明する。

[0040] 間隔が最も小さい2つの羽根の後ろ側にある羽根4_2の羽根高さH2を他の全ての羽根の羽根高さよりも小さく、すなわち $H2 < (H1, H3, \dots, HZ \text{の最小値})$ に設定する。羽根4_1の負圧面側に生じる乱れの大きい流れの羽根4_2への衝突面積が減少し、騒音源を小さくできるため騒音の高周波成分を低減することが可能である。

ただし、他に比べてH2を小さくしすぎると羽根としての空気を外周に放出させる効果が小さくなって、送風性能が低下することがある。このため、間隔が最も小さくなる2つの羽根のうち回転方向後ろ側にある羽根4_2の高さH2は、少なくとも前側にある羽根4_1の高さH1より小さく、高さH1の90~99%とすると望ましく、95~98%とするとさらによい。

[0041] 以上のように、本実施の形態4によれば、遠心ファンにおいて、羽根を不

等間隔に配置するとともに、間隔が最も小さくなる2つの羽根のうち回転方向後ろ側にある羽根の高さH2を、少なくとも前側にある羽根の高さH1より小さくしたので、従来の不等間隔のものより騒音の高周波成分が低減される。

[0042] 実施の形態5.

以下、実施の形態5に係る遠心ファンについて説明する。

本実施の形態5においては、不等間隔の羽根を有する遠心ファンにおいて、間隔が狭い羽根が高周波成分を生じることに対し、間隔が最も小さい2つの羽根の外周側形状を次の式(1)で規定した。

$$(4 \times (\theta 2 / \theta 1 - 1)) + 0.2 \times \text{LOG} 10 (S 2 / S 1) < (P 1 / (360^\circ / Z) - 1) \quad (1)$$

[0043] 図7は、本実施の形態5に係る遠心ファンのn z騒音低減効果を示す図である。横軸は上記式(1)の左辺を、縦軸はn z騒音の高周波成分の対数和から低周波成分の対数和を減算した差分であり、間隔が最も小さい2つの羽根の外周側形状について実験結果をプロットしたグラフである。図7中の矢印の位置は上記式(1)の右辺に相当する。横軸がこの矢印より小さい範囲ではn z騒音の高周波成分の対数和から低周波成分の対数和を減算した差分が小さくなる、すなわち高周波成分が低減することがわかる。換言すれば、上記式(1)を満たすことで、n z騒音の高周波成分を低減することが可能となる。

[0044] この式(1)を満足する、間隔が最も小さい2つの羽根のなす角度P1、出口角度θ1、θ2、反り半径S1、S2に設定することで、羽根4__2の前後で生じる急激な速度変化を効果的に抑制することが可能となり、遠心ファン1の風量を低下させることなく維持したままで、騒音の高周波成分をより低減することができる。

[0045] なお、上記実施の形態5において、間隔が最も小さい2つの羽根の外周側形状を式(1)で規定したが、間隔が最も小さい2つの羽根の後ろ側にある

羽根4__2の外周側形状は前側にある羽根4__1に対して式(1)で規定したと同様、他の羽根に対しても上記式(1)と同様の関係を満足することが望ましい。すなわち、次の式(2)を満足することが望ましい。

$$[0046] \quad (4 \times (\theta 2 / \theta m - 1)) + 0.2 \times \text{LOG}10 (S 2 / S m) < (P m / (360^\circ / Z) - 1) \quad (2)$$

ここで、mは、1、3・・・、Zであり、

例えば、m=1の時、 $\theta m = \theta 1$ 、 $S m = S 1$ 、 $P m = P 1$

m=3の時、 $\theta m = \theta 3$ 、 $S m = S 3$ 、 $P m = P 3$

m=Zの時、 $\theta m = \theta Z$ 、 $S m = S Z$ 、 $P m = P Z$

である。

[0047] 実施の形態6.

以下、実施の形態6に係る遠心ファンについて説明する。

上記実施の形態1から5においては、不等間隔の羽根を有する遠心ファンにおいて、間隔が狭い羽根が高周波成分を生じることに対し、間隔が最も小さい2つの羽根の特に後ろ側の羽根4__2の外周側形状を規定した。本実施の形態6では、羽根の周方向間隔が羽根間隔の平均値よりも小さい、すなわち、羽根4__Nと羽根4__(N+1)が回転中心Oを挟んでなす角が $P N < (360^\circ / Z)$ の羽根について、次の(3)式を満足するようにしてもよい。

[0048] すなわち、

$$(4 \times (\theta (N+1) / \theta N - 1)) + 0.2 \times \text{LOG}10 (S (N+1) / S N) < (P N / (360^\circ / Z) - 1) \quad (3)$$

ここで、Nは、1、2、3・・・、Zであり、Zを超えると1に戻る自然数である。

例えば、N=1の時、

$\theta N = \theta 1$ 、 $S N = S 1$ 、 $P N = P 1$ 、 $\theta (N+1) = \theta 2$ 、 $S (N+1) = S 2$ 、

N = 2 の時、
 $\theta_N = \theta_2$ 、 $S_N = S_2$ 、 $P_N = P_2$ 、 $\theta_{(N+1)} = \theta_3$ 、 $S_{(N+1)} = S_3$ 、
 N = Z の時、
 $\theta_N = \theta_Z$ 、 $S_N = S_Z$ 、 $P_N = P_Z$ 、 $\theta_{(N+1)} = \theta_1$ 、 $S_{(N+1)} = S_1$ 、
 である。

[0049] この(3)式を満足するように設定することで、遠心ファンの風量低下を抑制しつつ、効果的に騒音の遠心ファンの羽根枚数よりも大きい高周波成分を低減させる効果がある。羽根の周方向間隔が羽根間隔の平均値よりも小さい羽根に対して、羽根の回転方向の前後で生じ騒音の高周波成分に影響する急激な速度変化を、さらに効果的に抑制することが可能となる。従って騒音を低減することが可能となる。

[0050] 実施の形態7.

以下、実施の形態7に係る遠心ファンについて説明する。

本実施の形態7においては、不等間隔の羽根を有する遠心ファンにおいて、間隔が狭い羽根が高周波成分を生じることに対し、間隔が最も小さい2つの羽根の外周側形状を次の式(4)で規定した。

$$\begin{aligned} & (4 \times (\theta_2 / \theta_1 - 1)) + (R_2 / R_1 - 1) \\ & + (H_2 / H_1 - 1 + 0.2 \times \text{LOG}_{10}(S_2 / S_1)) \\ & < (P_1 / (360^\circ / Z) - 1) \quad (4) \end{aligned}$$

[0051] この式(4)を満足する、間隔が最も小さい2つの羽根のなす角度 P_1 、出口角度 θ_1 、 θ_2 、反り半径 S_1 、 S_2 、外径 R_1 、 R_2 、羽根の高さ H_1 、 H_2 に設定することで、実施の形態5よりも効果的に、遠心ファン1の風量を低下させることなく維持したままで、騒音の高周波成分をより低減することができる。すなわち、羽根4__2の前後で生じる急激な速度変化を効果的に抑制することが可能となり、また、羽根4__1によって生じる乱れの大きい流れの羽根4__2への衝突面積を減少させることができるので、遠心

ファン1の風量を維持したまま、騒音の高周波成分を効率よく低減することができる。

[0052] なお、上記実施の形態7において、間隔が最も小さい2つの羽根の外周側形状を式(4)で規定したが、間隔が最も小さい2つの羽根の後ろ側にある羽根4__2の外周側形状は前側にある羽根4__1に対して式(4)で規定したと同様、他の羽根に対しても上記式(4)と同様の関係を満足することが望ましい。すなわち、次の式(5)を満足することが望ましい。

$$\begin{aligned}
 [0053] \quad & (4 \times (\theta_2 / \theta_m - 1)) + (R_2 / R_m - 1) \\
 & + (H_2 / H_m - 1) + 0.2 \times \text{LOG}_{10}(S_2 / S_m) \\
 & < (P_m / (360^\circ / Z) - 1) \quad (5)
 \end{aligned}$$

ここで、mは、1、3・・・、Zであり、

例えば、m=1の時、

$$\theta_m = \theta_1, R_m = R_1, H_m = H_1, S_m = S_1, P_m = P_1,$$

m=3の時、

$$\theta_m = \theta_3, R_m = R_3, H_m = H_3, S_m = S_3, P_m = P_3,$$

m=Zの時、

$$\theta_m = \theta_1, R_m = R_Z, H_m = H_Z, S_m = S_Z, P_m = P_Z,$$

である。

[0054] このように設定することで、羽根4__2の前後で生じる急激な速度変化を効果的に抑制することが可能となり、また、羽根4__1によって生じる乱れの大きい流れの羽根4__2への衝突面積を減少させることができるので、騒音の高周波成分を効率よく低減することができる。

[0055] 実施の形態8.

以下、実施の形態8に係る遠心ファンについて説明する。

上記実施の形態7においては、不等間隔の羽根を有する遠心ファンにおいて、間隔が狭い羽根が高周波成分を生じることに對し、間隔が最も小さい2つの羽根の特に後ろ側の羽根4__2の外周側形状を規定した。本実施の形態8では、羽根の周方向間隔が羽根間隔の平均値よりも小さい、すなわち、羽

根4 __ Nと羽根4 __ (N + 1) が回転中心Oを挟んでなす角が $P N < (360^\circ / Z)$ の羽根について次の(6)式を満足するようにしてもよい。

[0056] すなわち、

$$\begin{aligned} & (4 \times (\theta(N+1) / \theta N - 1)) + (R(N+1) / R N - 1) \\ & + (H(N+1) / H N - 1) \\ & + 0.2 \times \text{LOG}10(S(N+1) / S N) \\ & < (P N / (360^\circ / Z) - 1) \end{aligned} \quad (6)$$

ここで、Nは、1、2、3・・・、Zであり、Zを超えると1に戻る自然数である。

例えば、

N = 1の時、

$\theta N = \theta 1$ 、 $R N = R 1$ 、 $H N = H 1$ 、 $S N = S 1$ 、 $P N = P 1$ 、 $\theta(N+1) = \theta 2$ 、 $R(N+1) = R 2$ 、 $H(N+1) = H 2$ 、 $S(N+1) = S 2$ 、

N = 2の時、

$\theta N = \theta 2$ 、 $R N = R 2$ 、 $H N = H 2$ 、 $S N = S 2$ 、 $P N = P 2$ 、 $\theta(N+1) = \theta 3$ 、 $R(N+1) = R 3$ 、 $H(N+1) = H 3$ 、 $S(N+1) = S 3$ 、

N = Zの時、

$\theta N = \theta Z$ 、 $R N = R Z$ 、 $H N = H Z$ 、 $S N = S Z$ 、 $P N = P Z$ 、 $\theta(N+1) = \theta 1$ 、 $R(N+1) = R 1$ 、 $H(N+1) = H 1$ 、 $S(N+1) = S 1$ 、

である。

[0057] この(6)式を満足するように設定することで、遠心ファンの風量低下を抑制しつつ、格別効果的にn z騒音の遠心ファンの羽根枚数よりも大きい高周波成分を低減させる効果がある。羽根の周方向間隔が羽根間隔の平均値よりも小さい羽根に対して、羽根の回転方向の前後で生じ騒音の高周波成分に影響する急激な速度変化を効果的に抑制することが可能となり、また、羽根間隔の平均値よりも小さい羽根の前側の羽根によって生じる乱れの大きい流

れが後ろ側の羽根に衝突する衝突面積を減少させることができるので、遠心ファンの風量を維持したまま、騒音の高周波成分を効率よく低減することができる。

[0058] 実施の形態 9.

上記実施形態 1 から実施の形態 8 の遠心ファンを、交流発電機、モータあるいは駆動装置などの回転電機の回転子に取り付けて利用してもよい。本実施の形態 9 では一例として、車両用交流発電機に取り付けた例を示す。

図 8 は上記実施形態 1 から実施の形態 8 で開示された遠心ファン 1 を適用した車両用交流発電機の概略を示した断面図であり。図において、車両用交流発電機は、略椀形状のアルミニウム製のフロント側ハウジング 31 及びリヤ側ハウジング 30 からなるケーシング 32 と、このケーシング 32 に一对のベアリング 33 を介して回転自在に支持されたシャフト 34 と、ケーシング 32 のフロント側に延出するシャフト 34 の端部に固着されたプーリ 7 と、シャフト 34 と一体的に回転しケーシング 32 内に配設された回転子 8 と、回転子 8 の外周に対向して配置されケーシング 32 に固定された固定子 9 と、ケーシング 32 のリヤ側に延出するシャフト 34 の延出部に固定され、回転子 8 に電流を供給する一对のスリップリング 10 と、各スリップリング 10 の表面に摺動する一对のブラシ 11 と、これらのブラシ 11 を収容しているブラシホルダ 17 と、これらのブラシ 11 に隣接されて固定子 9 で生じた交流電圧の大きさを調整する電圧調整器 12 と、固定子 9 で生じる交流電圧を直流電圧に整流する整流装置 13 と、ヒートシンク 18 と、電圧調整器 12 と外部装置（図示せず）との信号の入出力を行うコネクタ 20 と、ブラシホルダ 17 と整流装置 13 を覆うように保護カバー 27 と、を備えている。

[0059] 回転子 8 は、ランデル型回転子で、絶縁処理された銅線を円筒状かつ同心状に巻き回され、励磁電流が流れて磁束を発生する界磁巻線 81 と、発生する磁束によって磁極が形成され、界磁巻線 81 を覆うように設けられており、それぞれが 6 個、8 個、あるいは 10 個以上で 2 の倍数個の爪部を有する

界磁鉄芯 8 2 と、を備えている。

[0060] 遠心ファン 1 は、シャフト 3 4 を遠心ファン 1 の主板 2 の中央部の穴に通すように配置され、回転子 8 に溶接等により取り付けられている。遠心ファン 1 は、上記実施の形態 1 から 8 の特徴を備えており、回転子 8 の回転により外気を図中 Y 方向から車両用交流発電機内に吸引し、車両用交流発電機内の構成部品を冷却した後排出する。詳細には、回転子 8 には、界磁巻線 8 1 を冷却するための通風路が備えられており、回転子 8 及び遠心ファン 1 の回転により軸方向に流体を流すことで、界磁巻線 8 1 を冷却している。上記実施の形態の特徴を備えた遠心ファン 1 を回転子に備えることで、冷却性能を向上している。

[0061] 図 9 は、回転子 8 と遠心ファン 1 の一部構成を示したもので、回転軸方向（図 8 中 Y 方向）から見た図である。遠心ファン 1 は回転子 8 の前方（図 8 中 Y 方向）に取り付けられている。界磁鉄芯 8 2 の爪部の 1 つは、回転軸方向から見て隣り合う 2 枚の羽根の最外周端どうしが回転中心 O を挟んでなす角度が最も小さい角度 P 1 を有する 2 枚の羽根 4 __ 1、4 __ 2 の間に位置決めされ、2 枚の羽根 4 __ 1、4 __ 2 から外周方向に突出するように配置されている。回転軸方向から見て回転中心 O と P 1 の回転方向側にある羽根の最外径とが成す半直線を 4 __ 1 a、回転軸方向から界磁鉄芯 8 2 の爪部をみたとき、回転中心 O と爪部の略中心とが成す半直線を 8 2 a、回転中心 O を中心として半直線 4 __ 1 a が半直線 8 2 a よりも回転方向に進んだ角度を θR 、とするとき、下記式 (7)、

$$P 1 / 2 - 1 0 ^{\circ} < \theta R < P 1 / 2 + 1 0 ^{\circ} \quad (7)$$

を満たすようにすれば、界磁鉄芯 8 2 と遠心ファン 1 により生じる風音をより効果的に低減することができる。なお、式 (7) は概ね爪部の中心が隣り合う 2 枚の羽根の間隔が最も小さい 2 枚の羽根の中心から、回転中心に対して $\pm 1 0 ^{\circ}$ の範囲に位置するように配置されることを意味している。このように設定することで、界磁鉄芯 8 2 によって生じる急激な速度変化を効果的に抑制することが可能となる。界磁鉄芯 8 2 の爪部あるいは遠心ファン 1 の

角度P1を式(7)のように設定することで、実施の形態1から実施の形態8の効果、すなわち、遠心ファン1の風量を維持したまま、騒音の高周波成分を低減することに加え、界磁鉄芯82によって生じる騒音も抑制することができる。

[0062] 本開示は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。

従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

符号の説明

[0063] 1：遠心ファン、 2：主板、 3：腕状板、 4：羽根、 5：冷却孔、 7：プーリ、 8：回転子、 9：固定子、 10：スリップリング、 11：ブラシ、 12：電圧調整器、 13：整流装置、 17：ブラシホルダ、 18：ヒートシンク、 20：コネクタ、 27：保護カバー、 30：リヤ側ハウジング、 31：フロント側ハウジング、 32：ケーシング、 33：ベアリング、 34：シャフト、 81：界磁巻線、 82：界磁鉄芯。

請求の範囲

- [請求項1] 回転中心を有する主板と前記主板から前記回転中心を通る回転軸の方向に伸びる複数の羽根とを備えた遠心ファンであって、複数の前記羽根は少なくとも一部に隣り合う羽根の間隔が不等間隔となる配置を含み、前記羽根の長さ方向は前記主板の内周側から外周側に伸びており、前記複数の羽根のうち、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組において、回転方向後ろ側にある前記羽根と回転方向前側にある前記羽根と前記羽根の外周側の形状が異なり、回転方向後ろ側にある前記羽根は回転方向前側にある前記羽根よりも流体を外周方向に放出させる作用を小さくした遠心ファン。
- [請求項2] 前記複数の羽根のうち、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組において、前記羽根の内周側から外周側に伸びる第一の部分は、回転方向に対し凹形状に形成され、前記第一の部分から外周側に伸びる第二の部分は、回転方向に対し凸形状に形成されており、回転方向後ろ側にある前記羽根の第二の部分における反り半径が回転方向前側にある前記羽根の第二の部分における反り半径よりも小さい請求項1に記載の遠心ファン。
- [請求項3] 前記複数の羽根の中で、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組の回転方向後ろ側にある前記羽根の第二の部分における反り半径が最も小さい請求項2に記載の遠心ファン。
- [請求項4] 前記複数の羽根のうち、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組において、回転方向後ろ側にある前記羽根の出口角度が回転方向前側にある前記羽根の出口角度よりも小さい請求項1から3のいずれか1項に記載の遠心ファン。
- [請求項5] 前記複数の羽根の中で、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組の回転方向後ろ側にある前記羽根の出口角度が最も小さい請求項4に記載の遠心ファン。
- [請求項6] 前記複数の羽根のうち、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さく

なる間隔の羽根の組において、回転方向後ろ側にある前記羽根の外径が回転方向前側にある前記羽根の外径よりも小さい請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の遠心ファン。

[請求項7] 前記複数の羽根の中で、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組の回転方向後ろ側にある前記羽根の外径が最も小さい請求項 6 に記載の遠心ファン。

[請求項8] 前記複数の羽根のうち、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組において、回転方向後ろ側にある前記羽根の高さが回転方向前側にある前記羽根の高さよりも小さい請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の遠心ファン。

[請求項9] 前記複数の羽根の中で、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組の回転方向後ろ側にある前記羽根の高さが最も小さい請求項 8 に記載の遠心ファン。

[請求項10] 前記複数の羽根の枚数を Z 枚、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組において、回転方向後ろ側にある前記羽根の第二の部分における反り半径を S 2、出口角度を $\theta 2$ 、回転方向前側にある前記羽根の第二の部分における反り半径 S 1、出口角度を $\theta 1$ 、回転方向後ろ側にある前記羽根と回転方向後ろ側にある前記羽根との最外周端どうしが回転中心を挟んでなす角度を P 1 とすると、

$$(4 \times (\theta 2 / \theta 1 - 1)) + 0.2 \times \text{LOG} 10 (S 2 / S 1) < (P 1 / (360^\circ / Z) - 1)$$

を満足する請求項 2 に記載の遠心ファン。

[請求項11] 前記複数の羽根の枚数を Z 枚、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組において、回転方向後ろ側にある前記羽根の第二の部分における反り半径を S 2、出口角度を $\theta 2$ 、羽根の外径を R 2、羽根の高さを H 2、回転方向前側にある前記羽根の第二の部分における反り半径 S 1、出口角度を $\theta 1$ 、羽根の外径を R 1、羽根の高さを H 1、回転方向前側にある前記羽根と回転方向後ろ側にある

前記羽根との最外周端どうしが回転中心を挟んでなす角度を P_1 とすると、

$$\begin{aligned} & (4 \times (\theta_2 / \theta_1 - 1)) + (R_2 / R_1 - 1) \\ & + (H_2 / H_1 - 1) + 0.2 \times \text{LOG}_{10} (S_2 / S_1) \\ & < (P_1 / (360^\circ / Z) - 1) \end{aligned}$$

を満足する請求項2に記載の遠心ファン。

[請求項12]

前記複数の羽根の枚数を Z 枚、前記羽根の形状を規定する、第二の部分における反り半径を S_m 、出口角度を θ_m 、羽根の外径を R_m 、羽根の高さを H_m 、回転方後ろ側にある前記羽根との最外周端どうしが回転中心を挟んでなす角度を P_m とし、

回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組において、回転方向前側にある前記羽根は $m = 1$ の第1の羽根であり、回転方向前側にある前記羽根の第二の部分における反り半径を S_1 、出口角度を θ_1 、羽根の外径を R_1 、羽根の高さを H_1 、回転方前側にある前記羽根と回転方向後ろ側にある前記羽根との最外周端どうしが回転中心を挟んでなす角度を P_1 とし、

回転方向とは反対方向に順に第 Z 番目の羽根まで前記羽根の形状を規定するとき、

$$\begin{aligned} & (4 \times (\theta_2 / \theta_m - 1)) + (R_2 / R_m - 1) \\ & + (H_2 / H_m - 1) + 0.2 \times \text{LOG}_{10} (S_2 / S_m) \\ & < (P_m / (360^\circ / Z) - 1) \end{aligned}$$

(m は、1、3・・・、 Z の自然数)

を満足する請求項2に記載の遠心ファン。

[請求項13]

回転中心を有する主板と前記主板から前記回転中心を通る回転軸の方向に伸びる枚数を Z とする複数の羽根とを備えた遠心ファンであって、複数の前記羽根は少なくとも一部に隣り合う羽根の間隔が不等間隔となる配置を含み、前記羽根の長さ方向は前記主板の内周側から外周側に伸びており、前記複数の羽根のうち、回転方向に隣り合う回転

方前側にある前記羽根と回転方向後ろ側にある前記羽根との最外周端どうしが回転中心を挟んでなす角度を P とするとき、 $P < 360^\circ / Z$ を満たす隣り合う羽根の組において、回転方向後ろ側にある前記羽根と回転方向前側にある前記羽根と前記羽根の外周側の形状が異なり、回転方向後ろ側にある前記羽根は回転方向前側にある前記羽根よりも流体を外周方向に放出させる作用を小さくした遠心ファン。

[請求項14] 請求項1から13のいずれか1項に記載の遠心ファンが、回転子のフロント側に取り付けられた回転電機。

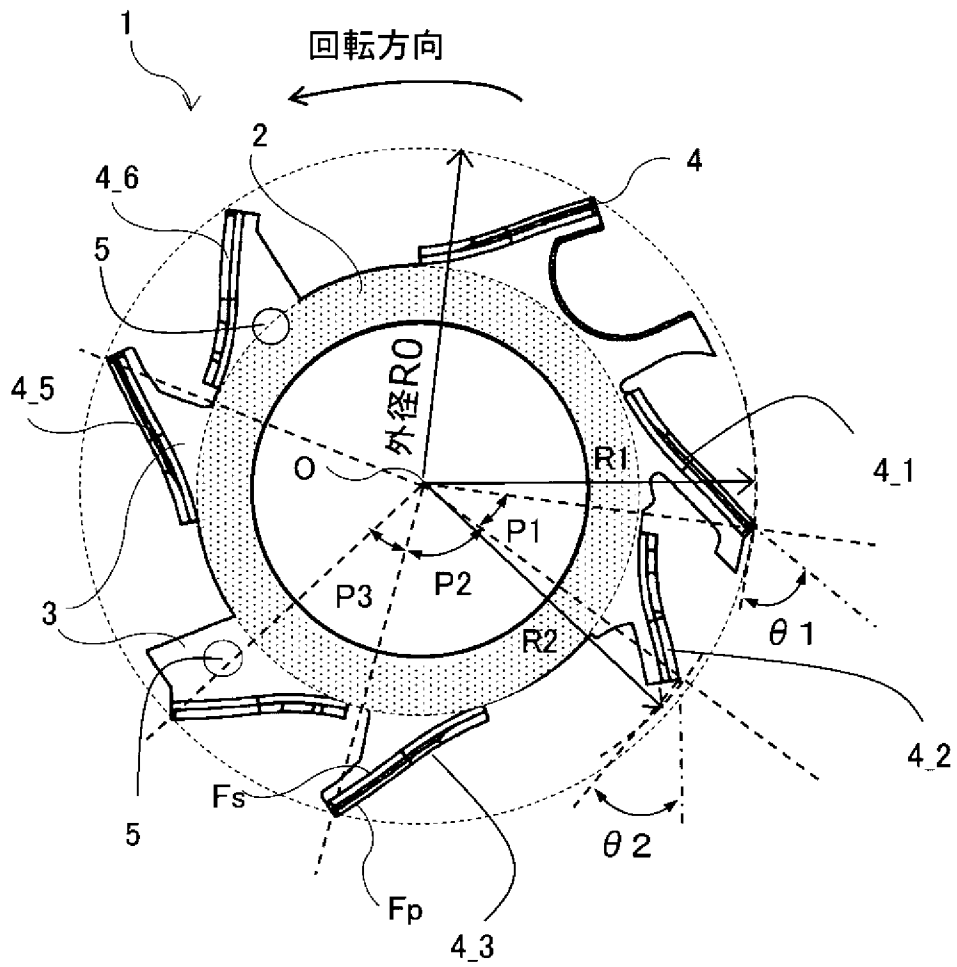
[請求項15] 前記回転子は、界磁巻線と、前記界磁巻線を覆うように設けられ複数の爪部を有する界磁鉄芯とを具備し、前記遠心ファンの前記複数の羽根のうち、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組において、回転方向後ろ側にある前記羽根と回転方向後ろ側にある前記羽根との最外周端どうしが回転中心を挟んでなす角度を $P1$ とすると、前記複数の爪部のうち1つは、回転方向に隣り合う羽根間隔が最も小さくなる間隔の羽根の組の間に配置され、前記回転中心と回転方向の前側の羽根の外周端部とを結ぶ半直線と前記回転中心と前記爪部の中心とを結ぶ半直線とのなす角度を θR とするとき、

$$P1 / 2 - 10^\circ < \theta R < P1 / 2 + 10^\circ$$

を満たす請求項14に記載の回転電機。

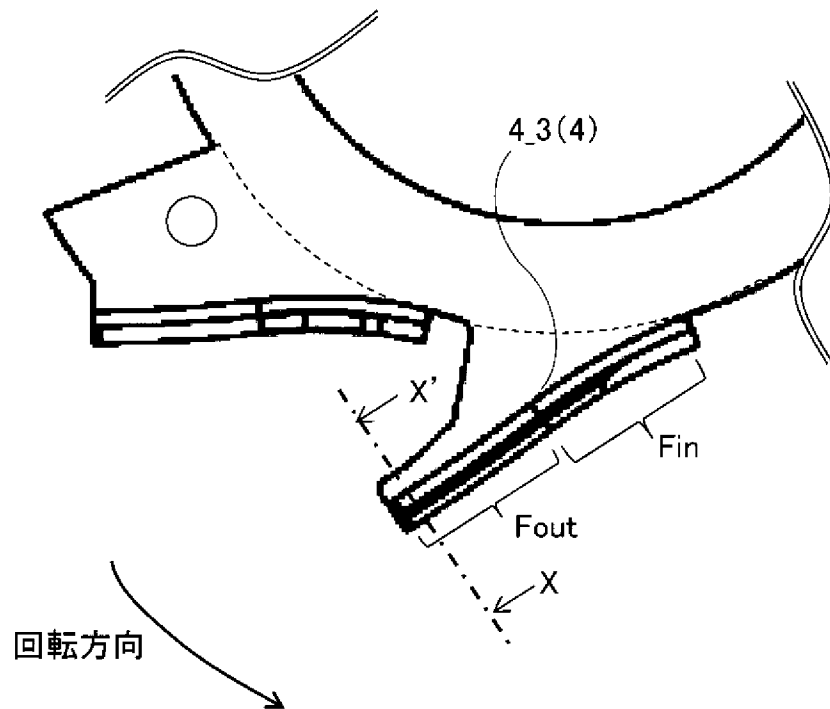
[図1]

図1



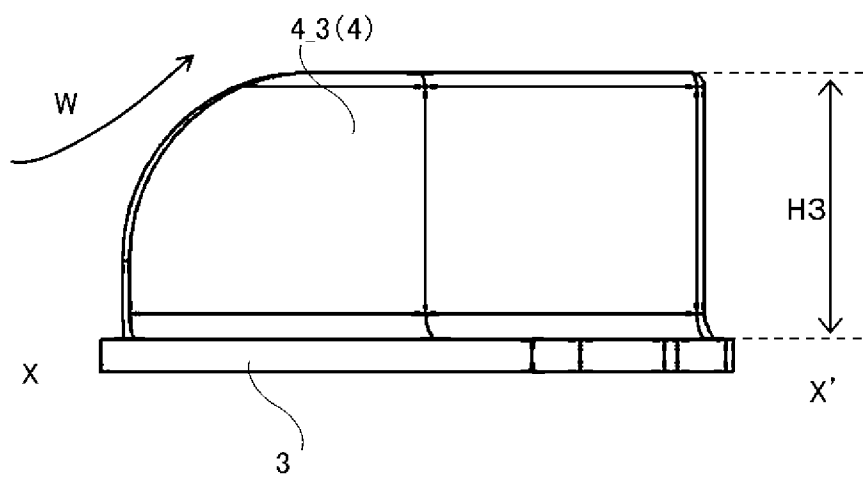
[図2]

図2



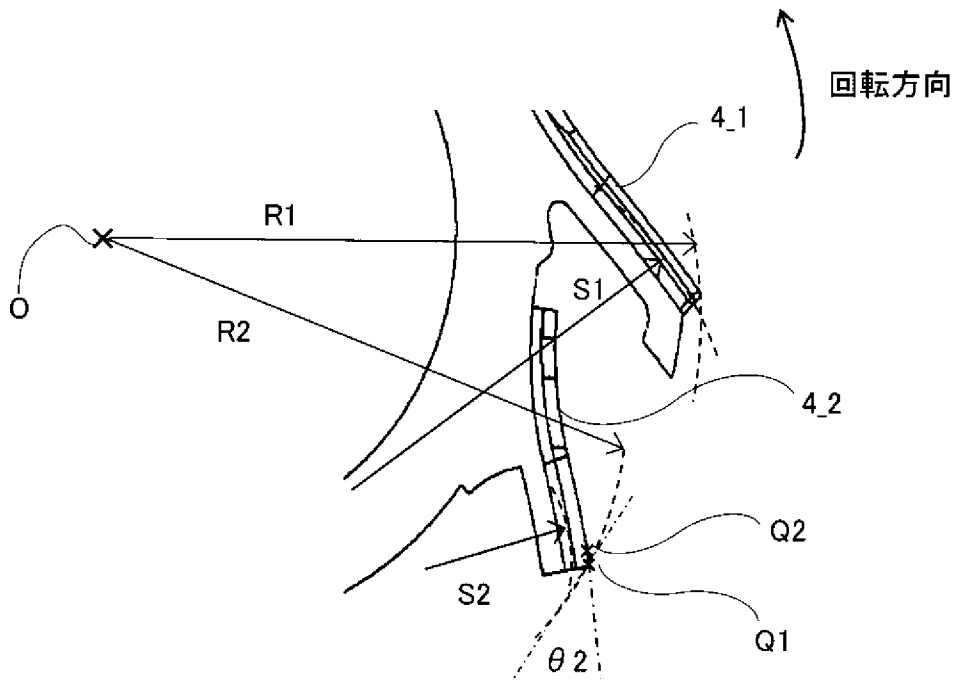
[図3]

図3



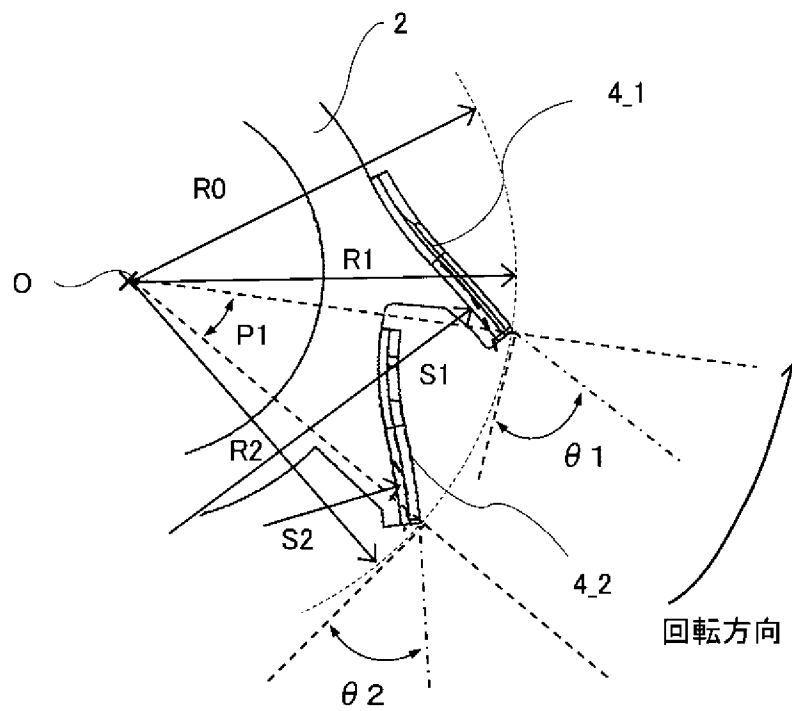
[図4]

図4



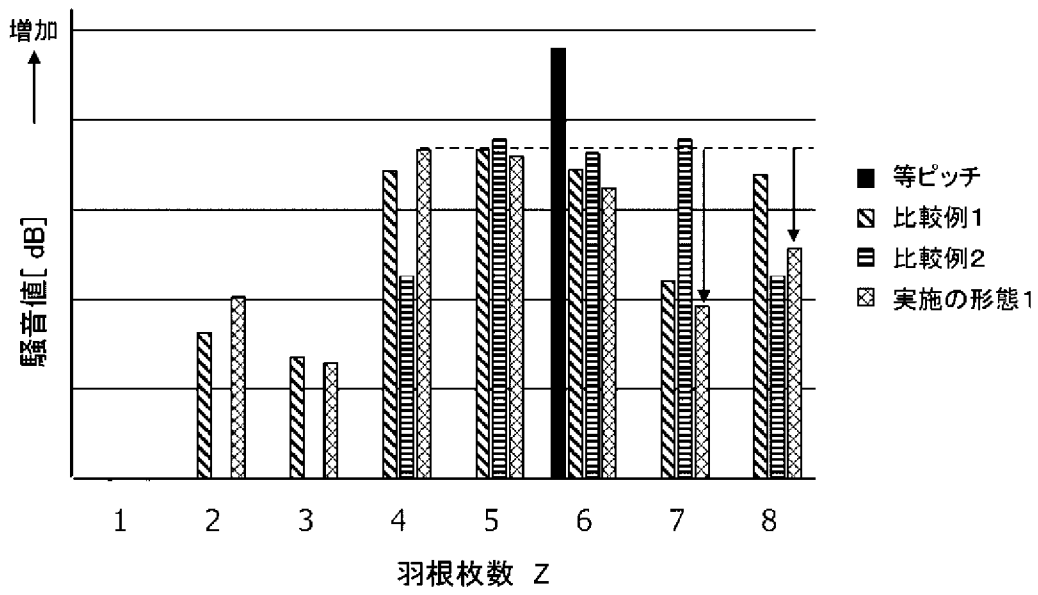
[図5]

図5



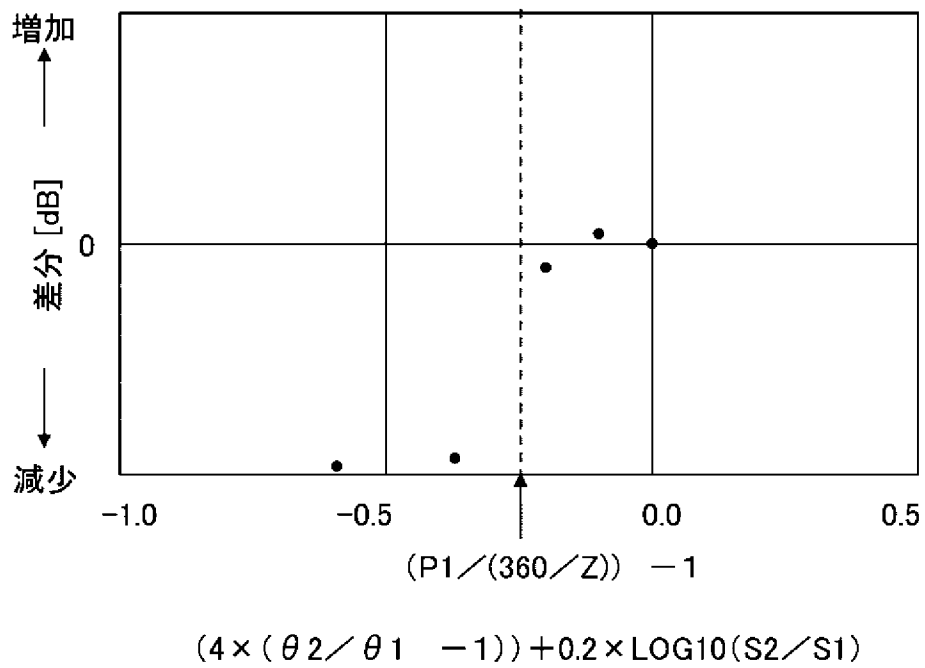
[図6]

図6



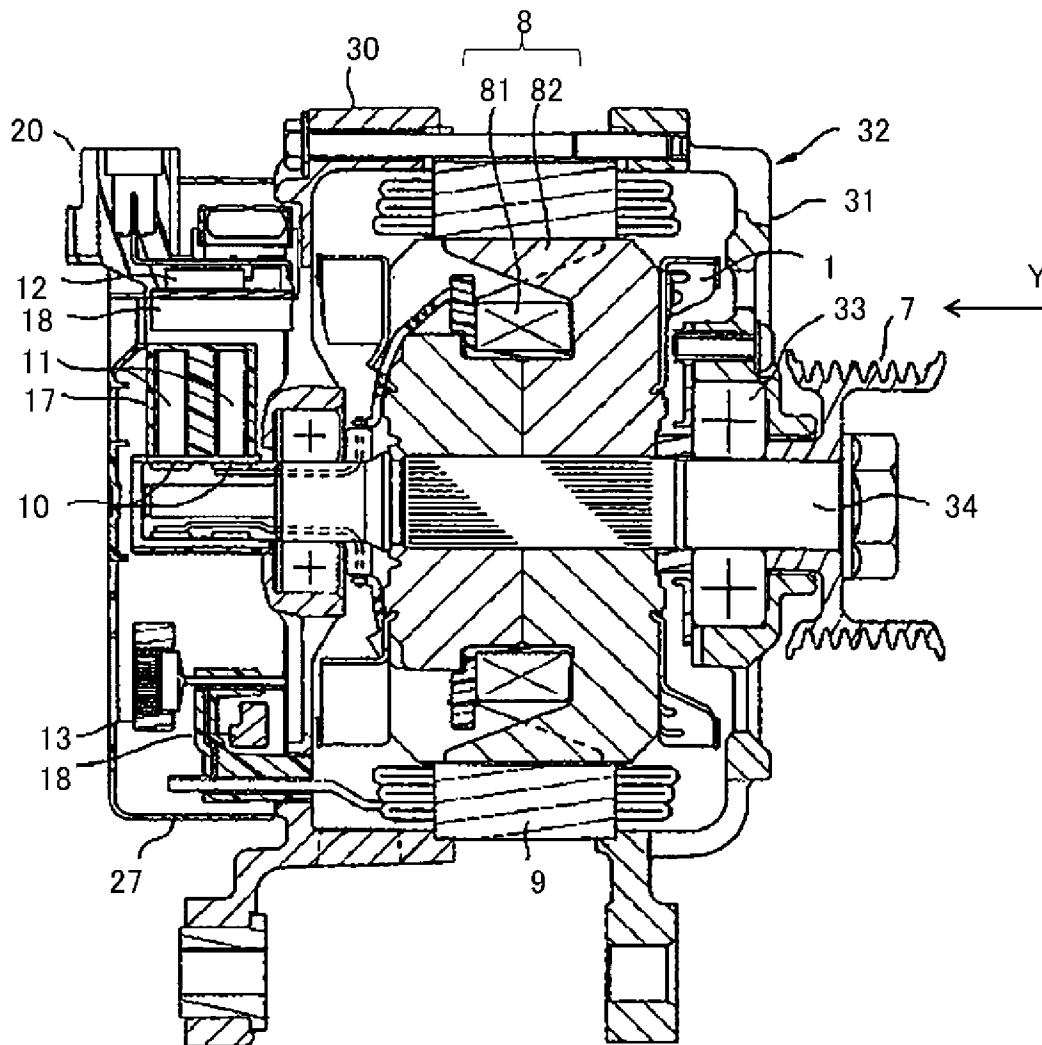
[図7]

図7



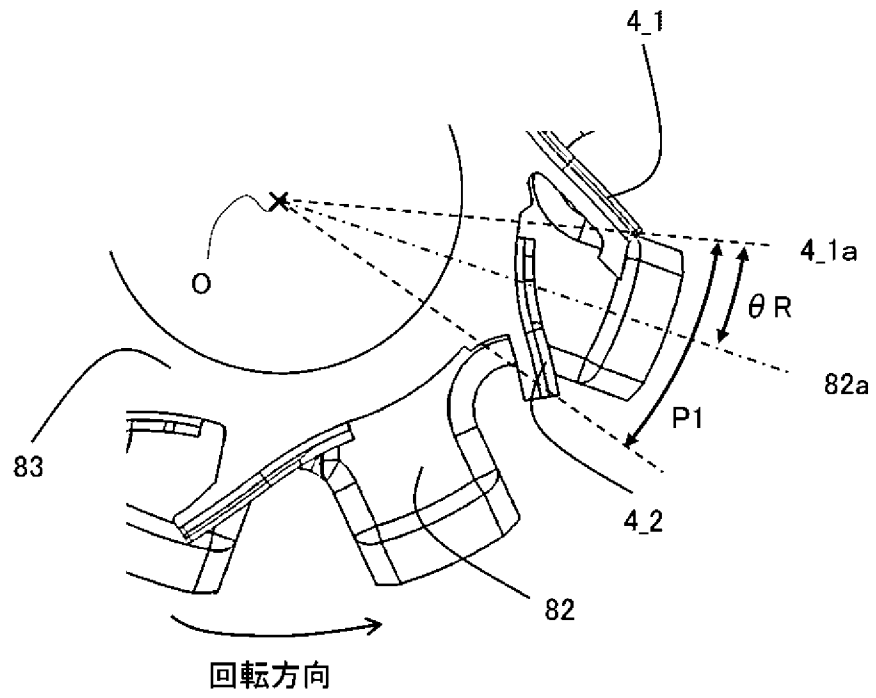
[図8]

図8



[図9]

図9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/024510

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. F04D29/30 (2006.01) i, F04D29/66 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. F04D29/30, F04D29/66

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2012-127217 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 05 July 2012, paragraphs [0029], [0046]-[0052], fig. 11-18 & US 2013/0195667 A1, paragraphs [0070], [0099]-[0110], fig. 11-18 & WO 2012/081435 A1 & EP 2589816 A1 & CN 103228928 A	1, 4-5, 13 14 2-3, 6-12, 15
Y	JP 2011-52547 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 17 March 2011, paragraph [0038], fig. 3, 4 & CN 102003416 A	14
A	JP 2002-186215 A (HITACHI, LTD.) 28 June 2002, paragraph [0042], all drawings & US 2003/0042806 A1, paragraph [0062], all drawings	1-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11.09.2019

Date of mailing of the international search report
24.09.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04D29/30(2006.01)i, F04D29/66(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04D29/30, F04D29/66

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2012-127217 A (三菱重工業株式会社) 2012.07.05, 段落 0029, 0046-0052, 図 11-18 & US 2013/0195667 A1, 段落 0070, 0099-0110, 図 11-18 & WO 2012/081435 A1 & EP 2589816 A1 & CN 103228928 A	1, 4-5, 13 14 2-3, 6-12, 15
Y	JP 2011-52547 A (本田技研工業株式会社) 2011.03.17, 段落 0038, 図 3-4 & CN 102003416 A	14

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 11.09.2019	国際調査報告の発送日 24.09.2019
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 大瀬 円 電話番号 03-3581-1101 内線 3358

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2002-186215 A (株式会社日立製作所) 2002. 06. 28, 段落 0042, 全図 & US 2003/0042806 A1, 段落 0062, 全図	1-15