

(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1月2日(02.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/003341 A1

(51) 国際特許分類:

H02K 1/27 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2018/023964

(22) 国際出願日:

2018年6月25日(25.06.2018)

(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: 下川 貴也 (SHIMOKAWA Takaya); 〒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). 麻生

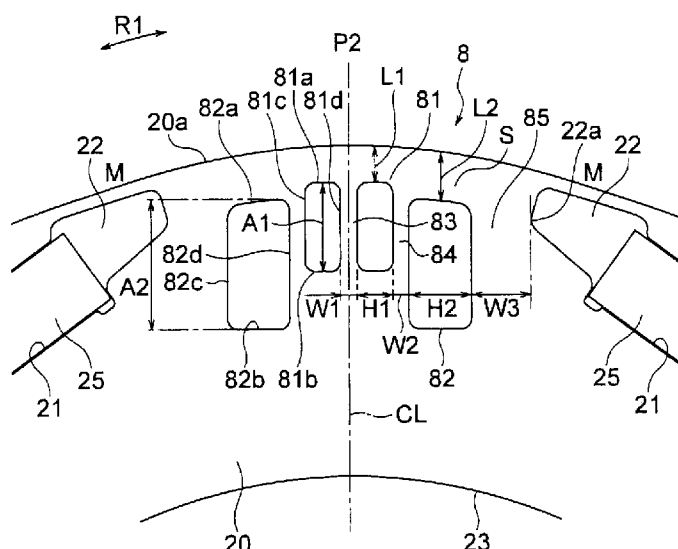
洋樹(ASO Hiroki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). ▲高▼橋 諒伍(TAKAHASHI Ryogo); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 野本 一真(NOMOTO Kazuma); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 前田 実, 外 (MAEDA Minoru et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目16番2号 甲田ビル4階 特許業務法人 前田・山形特許事務所 Tokyo (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,

(54) Title: ROTOR, ELECTRIC MOTOR, FAN, AND AIR CONDITIONER

(54) 発明の名称: ロータ、電動機、送風機および空気調和装置



(57) Abstract: This rotor has: a rotor core having an annular outer periphery surrounding the central axis and a magnet insertion hole formed along the outer periphery; and a permanent magnet disposed in the magnet insertion hole. A first magnetic pole is configured by the permanent magnet, and a second magnetic pole is configured by a part of the rotor core. The rotor core has a plurality of slits in the second magnetic pole. The plurality of slits are formed symmetrically with respect to the magnetic pole central line connecting the pole center of the second magnetic pole and the central axis. The plurality of slits have: a first slit nearest to the magnetic pole central line on one side of the magnetic pole central line in the circumferential direction around the central axis; and a second slit adjacent to the first slit in the circumferential direction. The shortest distance L1 from the first slit to the outer periphery of the rotor core and the shortest distance L2 from the second slit to the outer periphery of the rotor core satisfy a relationship of $L1 < L2$.

[続葉有]

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,
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))

(57) 要約: ロータは、中心軸を囲む環状の外周と、外周に沿って形成された磁石挿入孔とを有するロータコアと、磁石挿入孔に配置された永久磁石とを有する。永久磁石によって第1の磁極が構成され、ロータコアの一部によって第2の磁極が構成される。ロータコアは、第2の磁極に複数のスリットを有する。複数のスリットは、第2の磁極の極中心と当該中心軸とを結ぶ磁極中心線に対して対称に形成されている。複数のスリットは、当該中心軸を中心とする周方向において磁極中心線の一方の側に、磁極中心線に最も近い第1のスリットと、第1のスリットに対して周方向に隣接する第2のスリットとを有する。第1のスリットからロータコアの外周までの最短距離 L_1 と、第2のスリットからロータコアの外周までの最短距離 L_2 とは、 $L_1 < L_2$ を満足する。

明 細 書

発明の名称：ロータ、電動機、送風機および空気調和装置

技術分野

[0001] 本発明は、ロータ、電動機、送風機および空気調和装置に関する。

背景技術

[0002] 従来より、電動機のロータに取り付ける永久磁石の数を低減するため、磁石磁極と疑似磁極とを備えたコンシクエントポール型のロータが開発されている。また、騒音低減のため、コンシクエントポール型のロータにスリットを形成することも提案されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-244783号公報（図14参照）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、ロータにスリットを形成した場合、永久磁石の磁束がスリットによって遮られ、電動機の出力が低下するという課題がある。

[0005] 本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、電動機の騒音を低減しながら、出力の低下を抑制することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明のロータは、中心軸を囲む環状の外周と、外周に沿って形成された磁石挿入孔とを有するロータコアと、磁石挿入孔に配置された永久磁石とを有する。永久磁石によって第1の磁極が構成され、ロータコアの一部によって第2の磁極が構成される。ロータコアは、第2の磁極に複数のスリットを有する。複数のスリットは、第2の磁極の極中心と当該中心軸とを結ぶ磁極中心線に対して対称に形成されている。複数のスリットは、当該中心軸を中心とする周方向において磁極中心線の一方の側に、磁極中心線に最も近い第1のスリットと、第1のスリットに対して周方向に隣接する第2のスリット

とを有する。第1のスリットからロータコアの外周までの最短距離 L_1 と、第2のスリットからロータコアの外周までの最短距離 L_2 とは、 $L_1 < L_2$ を満足する。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、第1のスリットおよび第2のスリットにより、ロータの磁束を第2の磁極の極中心に集めることができるため、トルクリプルを抑えて電動機の騒音を低減することができ、また、電動機の出力低下を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態1の電動機を示す断面図である。

[図2]実施の形態1のロータコアおよび永久磁石を示す断面図である。

[図3]実施の形態1のロータの一部を拡大して示す断面図である。

[図4]実施の形態1の電動機における磁束の流れを示す模式図である。

[図5]電動機のロータの表面磁束分布を示すグラフである。

[図6]電動機のロータの表面磁束と、 W_3/W_2 との関係を示すグラフである。

[図7]電動機のロータの表面磁束と、 W_3/W_1 との関係を示すグラフである。

[図8]実施の形態1のロータの一部を拡大して示す断面図である。

[図9]実施の形態1のロータの疑似磁極における磁束の流れを示す模式図である。

[図10]実施の形態1のロータコアおよび永久磁石を示す断面図である。

[図11]実施の形態1の電動機を適用したモールド電動機を示す縦断面図である。

[図12]実施の形態2のロータを示す断面図である。

[図13]実施の形態2のロータの一部を拡大して示す断面図である。

[図14]各実施の形態の電動機が適用される空気調和装置を示す正面図（A）と、その室外機を示す断面図（B）である。

[図15]図14(A)の空気調和装置の冷媒回路を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0009] 実施の形態1.

<電動機の構成>

図1は、実施の形態1の電動機1を示す断面図である。電動機1は、回転可能なロータ2と、ロータ2を囲むように設けられた環状のステータ5とを備えたインナロータ型の電動機である。電動機1は、また、ロータ2に永久磁石25を埋め込んだ永久磁石埋込型電動機でもある。ステータ5とロータ2との間には、例えば0.4mmのエアギャップ（空隙）10が設けられている。

[0010] 以下では、ロータ2の回転中心となる軸線を中心軸C1とし、この中心軸C1の方向を「軸方向」と称する。また、中心軸C1を中心とする円周方向（図1に矢印R1で示す）を「周方向」と称し、中心軸C1を中心とする半径方向を「径方向」と称する。なお、図1は、ロータ2の中心軸C1に直交する面における断面図である。

[0011] <ステータの構成>

ステータ5は、ステータコア50と、ステータコア50に巻き付けられたコイル55とを有する。ステータコア50は、例えば厚さが0.2mm～0.5mmの磁性を有する積層要素を軸方向に複数枚積層し、カシメ等により固定したものである。積層要素は、ここでは、鉄(Fe)を主成分とする電磁鋼板である。

[0012] ステータコア50は、中心軸C1を中心とする環状のヨーク52と、ヨーク52から径方向内側に（すなわち中心軸C1に向けて）延在する複数のティース51とを有する。ティース51は、周方向に等間隔に配置されている。ティース51の数は、ここでは12であるが、12に限定されるものではない。隣り合うティース51の間には、コイル55を収容する空間であるスロット53が形成される。

[0013] ティース51の径方向内側の先端部は、ティース51の他の部分よりも周

方向の幅が広い。ティース51の先端部は、上述したエアギャップ10を介してロータ2の外周に対向する。ステータコア50の外周50a（すなわちヨーク52の外周）および内周50b（すなわちティース51の先端部）は、いずれも円環状である。

[0014] ステータコア50の各積層要素を一体に固定するカシメ部は、符号56、57で示すように、ステータコア50のヨーク52およびティース51に形成されている。但し、カシメ部は、積層要素を一体に固定できれば、他の位置に形成されていてもよい。

[0015] ステータコア50には、絶縁部としてのインシュレータ54が取り付けられている。インシュレータ54は、ステータコア50とコイル55との間に介在し、ステータコア50とコイル55とを絶縁するものである。インシュレータ54は、樹脂をステータコア50と一体に成形するか、または別部品として成形した樹脂成形体をステータコア50に組み付けることで形成される。

[0016] インシュレータ54は、例えば、ポリブチレンテレフタレート（PBT）、ポリフェニレンサルファイド（PBS）、液晶ポリマー（LCP）、またはポリエチレンテレフタレート（PET）等の絶縁性の樹脂で構成される。インシュレータ54は、また、厚さ0.035～0.4mmの絶縁性の樹脂フィルムで構成することもできる。

[0017] コイル55は、インシュレータ54を介してティース51に巻き付けられる。コイル55は、銅またはアルミニウムを主成分とする材料で構成されている。コイル55は、ティース51毎に巻き付けてもよく（集中巻）、あるいは複数のティース51に跨って巻き付けてもよい（分布巻）。

[0018] ＜ロータの構成＞

図2は、ロータコア20および永久磁石25を示す断面図である。図2では、樹脂部4および回転シャフト11を省略している。ロータ2は、中心軸C1を中心とする円筒状のロータコア20を有する。ロータコア20は、厚さ0.2～0.5mmの磁性を有する積層要素を軸方向に複数枚積層し、力

シメ等により固定したものである。積層要素は、ここでは、鉄を主成分とする電磁鋼板である。なお、ロータコア20は、軟磁性材料と樹脂とを組み合わせた樹脂鉄心で構成してもよい。ロータ2の直径は、ここでは50mmである。

[0019] ロータコア20の外周に沿って、複数の磁石挿入孔21が形成されている。磁石挿入孔21は、周方向に等間隔に配置されている。各磁石挿入孔21は、周方向に長い形状を有し、ロータコア20を軸方向に貫通している。より具体的には、各磁石挿入孔21は、後述する極中心と中心軸C1とを通る直線（磁極中心線と称する）に直交する方向に直線状に延在している。磁石挿入孔21の数は、ここでは5つである。

[0020] 各磁石挿入孔21には、永久磁石25が配置されている。永久磁石25は、平板状の部材であり、ステータ5に対向する方向（より具体的には、ロータコア20の径方向）に厚さT1を有し、厚さ方向に着磁されている。永久磁石25は、例えば、ネオジウム（Nd）またはSm（サマリウム）を主成分とする希土類磁石、もしくは、鉄を主成分とするフェライト磁石で構成される。

[0021] 各磁石挿入孔21に配置された永久磁石25によって、磁石磁極P1が形成される。永久磁石25は、互いに同一の磁極（例えばN極）をロータコア20の外周側に向けて配置されている。そのため、ロータコア20において隣り合う永久磁石25の間には、径方向に磁束が流れる部分が生じる。すなわち、永久磁石25とは反対極性の疑似磁極P2が形成される。

[0022] すなわち、ロータ2は、5つの磁石磁極P1と、5つの疑似磁極P2を周方向に交互に有する。そのため、ロータ2の極数は、10極である。このようなロータ構造は、コンシクエントポール型と称される。なお、ロータ2の極数は、10極に限定されるものではない。

[0023] 磁石磁極P1の周方向中心（すなわち磁石挿入孔21の周方向中心）は、磁石磁極P1の極中心となる。疑似磁極P2の周方向中心は、疑似磁極P2の極中心となる。極中心と中心軸C1とを通る直線を、磁極中心線と称する

。磁石磁極 P 1 と疑似磁極 P 2 との間は、極間 M となる。

[0024] ここでは、1つの磁石挿入孔 2 1 に1つの永久磁石 2 5 を配置しているが、1つの磁石挿入孔 2 1 に複数の永久磁石 2 5 を周方向に並べて配置してもよい。この場合、磁石挿入孔 2 1 は、周方向中心が径方向内側に突出するように V 字状に形成してもよい。また、ロータコア 2 0 において磁石挿入孔 2 1 の径方向内側に、風穴を形成してもよい。

[0025] ロータ 2 は、ロータコア 2 0 の径方向内側に、回転シャフト 1 1 と樹脂部 4 とを有する。回転シャフト 1 1 は、軸受 1 2, 1 3 (図 1 1) によって回転可能に支持される。上記の中心軸 C 1 は、回転シャフト 1 1 の中心軸である。回転シャフト 1 1 は、例えば、鉄 (F e)、ニッケル (N i) またはクロム (C r) 等の金属で構成される。

[0026] 樹脂部 (支持部) 4 は、回転シャフト 1 1 に対してロータコア 2 0 を支持するものであり、非磁性材料、より具体的には P B T (ポリブチレンテレフタレート) 等の熱可塑性樹脂で構成される。樹脂部 4 は、ロータコア 2 0 と回転シャフト 1 1 とを樹脂でモールド成形することにより、形成することができる。

[0027] 樹脂部 4 は、回転シャフト 1 1 の外周に固定された内筒部 4 1 と、ロータコア 2 0 の内周 2 3 に固定された環状の外筒部 4 3 と、内筒部 4 1 と外筒部 4 3 とを連結する複数のリブ (連結部) 4 2 とを備えている。

[0028] 樹脂部 4 の内筒部 4 1 には、回転シャフト 1 1 が貫通している。リブ 4 2 は、周方向に等間隔で配置され、内筒部 4 1 から径方向外側に放射状に延在している。リブ 4 2 の形成位置は、永久磁石 2 5 の周方向中心 (すなわち磁石磁極 P 1 の極中心) に対応している。周方向に隣り合うリブ 4 2 には、空洞部 4 4 が形成される。外筒部 4 3 は、リブ 4 2 の径方向外側の端部につながっている。

[0029] コンシクエントポール型のロータ 2 では、疑似磁極 P 2 に実際の磁石が存在しないため、疑似磁極 P 2 を通った磁束が回転シャフト 1 1 に流れやすい。ロータコア 2 0 と回転シャフト 1 1 との間に樹脂部 4 を設けることにより

、回転シャフト11への漏れ磁束を効果的に抑制することができる。

[0030] ロータコア20の外周は、極中心で外径が最大となり、極間で外径が最小となる花丸形状を有する。より具体的には、ロータコア20の外周は、各磁極（磁石磁極P1および疑似磁極P2）の極中心を中心とする外周部20aと、極間Mを中心とする外周部20bとを有する。外周部20a、20bは、いずれも中心軸C1側に曲率中心を有する円弧状部分であるが、曲率半径が互いに異なる。

[0031] なお、磁石磁極P1の極中心を中心とする外周部20aを第1の外周部と称し、疑似磁極P2の極中心を中心とする外周部20aを第2の外周部と称し、極間Mを中心とする外周部20bを第3の外周部と称する場合もある。

[0032] 磁石挿入孔21は、その周方向両端に、空隙であるフラックスバリア22を有する。フラックスバリア22は、磁石磁極P1と疑似磁極P2との間の漏れ磁束を抑制するものである。

[0033] フラックスバリア22とロータコア20の外周との間の鉄心部分は、薄肉部（ブリッジ部とも称する）となっている。薄肉部の厚さは、ロータコア20を構成する積層要素の厚さと同じであることが望ましい。これにより、隣り合う磁極の間の漏れ磁束を抑制することができる。なお、フラックスバリア22は、ここでは磁石挿入孔21の周方向両端に配置されているが、磁石挿入孔21の周方向の一端にのみ配置されていてもよい。

[0034] なお、上記の通り、ロータコア20の外周は花丸形状であるが、ステータコア50の内周50bは円環状である。そのため、ステータ5とロータ2との間のエアギャップ10の幅は、各磁極（磁石磁極P1および疑似磁極P2）の極中心で最小となり、極間Mで最大となる。

[0035] 図3は、ロータ2の疑似磁極P2を含む部分を拡大して示す図である。ロータコア20は、疑似磁極P2に、複数のスリット81、82からなるスリット群8を有する。この実施の形態1では、スリット群8は、疑似磁極P2の磁極中心線（図3に符号CLで示す）に最も近い2つの第1スリット81と、これら2つの第1スリット81に対して周方向の両側に形成された2つ

の第2スリット82とを有する。

[0036] 第1スリット81および第2スリット82は、疑似磁極P2の磁極中心線CLに対して対称に形成されている。より具体的には、2つの第1スリット81は、磁極中心線CLに対して、互いに対称な位置に形成され、互いに対称な形状を有する。また、2つの第2スリット82は、磁極中心線CLに対して、互いに対称な位置に形成され、互いに対称な形状を有する。

[0037] なお、2つの第1スリット81を設ける代わりに、磁極中心線CL上に1つの第1スリット81を設けてもよい。これについては、実施の形態2（図12～13）で説明する。

[0038] 第1スリット81は、径方向に長い形状を有する。より具体的には、第1スリット81は、径方向外側の端部81aと、径方向内側の端部81bと、周方向外側（すなわち磁極中心線CLから遠い側）の端部81cと、周方向内側（すなわち磁極中心線CLに近い側）の端部81dとを有する。

[0039] 第1スリット81の端部81a、81bは、磁極中心線CLに直交して延在する。端部81c、81dは、磁極中心線CLに平行に延在する。また、第1スリット81の長さ（すなわち端部81a、81bの間隔）A1は、第1スリット81の幅（すなわち端部81c、81dの間隔）H1よりも長い。

[0040] 第2スリット82は、径方向に長い形状を有する。より具体的には、第2スリット82は、径方向外側の端部82aと、径方向内側の端部82bと、周方向外側（すなわち磁極中心線CLから遠い側）の端部82cと、周方向内側（すなわち磁極中心線CLに近い側）の端部82dとを有する。

[0041] 第2スリット82の端部82aは、外周部20aに沿って延在し、端部82bは、磁極中心線CLに直交して延在する。端部82c、82dは、磁極中心線CLに平行に延在する。また、第2スリット82の長さ（すなわち端部82a、82bの間隔）A2は、第2スリット82の幅（すなわち端部82c、82dの間隔）H2よりも長い。

[0042] 第1スリット81の長さA1は、第2スリット82の長さA2よりも短く

、第1スリット81の幅H1は、第2スリット82の幅H2よりも短い。すなわち、第1スリット81の断面積は、第2スリット82の断面積よりも小さい。

[0043] 2つの第1スリット81の間には、薄肉部83が形成される。薄肉部83は、周方向における最小幅（すなわち2つの第1スリット81の端部81dの最小間隔）である幅W1を有する。なお、薄肉部83の幅は、図3では径方向に亘って一定であるが、必ずしも一定でなくてもよい。薄肉部83は、磁極中心線CL上に位置するため、極中心薄肉部とも称する。

[0044] 第1スリット81と第2スリット82との間には、薄肉部84が形成される。薄肉部84は、周方向における最小幅（すなわち第1スリット81の端部81cと第2スリット82の側端部82dとの最小間隔）である幅W2を有する。なお、薄肉部84の幅は、図3では径方向に亘って一定であるが、必ずしも一定でなくてもよい。薄肉部84は、スリット間薄肉部とも称する。

[0045] 第2スリット82とフラックスバリア22との間には、コア領域85が形成される。コア領域85は、第2スリット82と、フラックスバリア22の最も磁極中心線CLに近い端部22aとの間に、周方向における最小幅である幅W3を有する。

[0046] 第1スリット81と外周部20aとの最短距離（すなわち第1スリット81の端部81aと外周部20aとの最短距離）を、距離L1とする。また、第2スリット82と外周部20aとの最短距離（すなわち第2スリット82の端部82aと外周部20aとの最短距離）を、距離L2とする。距離L1、L2は、 $L1 < L2$ の関係を満たす。

[0047] <作用>

次に、実施の形態1の作用について説明する。ロータ2の表面（すなわち外周面）における磁束分布を正弦波に近づけるためには、ロータ2とステータ5との間隔を周方向に変化させることが有効である。ロータ2とステータ5との間隔が各磁極（磁石磁極P1および疑似磁極P2）の極中心で最小に

なり、極中心から離れるほど大きくなるように構成すれば、極中心に磁束が集中し、ロータ2の表面磁束分布が正弦波に近づく。

[0048] コンシクエントポール型のロータ2では、疑似磁極P2を流れる磁束の自由度が高いため、ロータ2とステータ5の相対回転位置によってロータ2の表面磁束が大きく変化する。そのため、疑似磁極P2にスリット81, 82を設けて磁束の自由度を制限することにより、ロータ2の表面磁束分布を正弦波に近づける効果を高めることができる。

[0049] 図4は、疑似磁極P2にスリット81, 82が設けられていない場合に、疑似磁極P2を通る磁束のシミュレーション結果を示す模式図である。磁石磁極P1の永久磁石25から出た磁束は、疑似磁極P2を流れ、エアギャップ10を経てティース51に流入する。ティース51に流入した磁束は径方向外側のヨーク52に流れ、さらに隣接するティース51を径方向内側に向けて流れ、永久磁石25に戻る。

[0050] 磁束は磁気抵抗が低い部分を通り、磁路が短くなるほど磁気抵抗は減少する。そのため、疑似磁極P2では、磁石磁極P1に近い領域（すなわち極間Mに近い領域）に磁束が集中しやすく、疑似磁極P2の極中心を流れる磁束は比較的少ない。

[0051] 図5は、疑似磁極P2にスリット81, 82を設けた場合に、疑似磁極P2を通る磁束のシミュレーション結果を示す模式図である。疑似磁極P2にスリット81, 82を設けると、鉄心部分の磁気飽和を利用して磁気抵抗を調整することができ、これにより疑似磁極P2を流れる磁束の分布を制御することができる。磁極中心線CLに対して対称に複数のスリット81, 82を設けることにより、磁束分布を磁極中心線CLに対して対称に近づけることができる。

[0052] 特に、第1スリット81から外周部20aまでの距離L1（図3）よりも、第2スリット82から外周部20aまでの距離L2（図3）を長くすることにより、これらのスリットを設けない場合より磁束は減少するものの、図5に矢印Fで示すように、極間Mに近い領域から疑似磁極P2の極中心に向

かって流れる磁束を発生させることができる。

[0053] これにより、疑似磁極 P 2 の極中心に磁束が集中し、極間 M に向かって磁束が減少する正弦波状の磁束分布を得ることができる。すなわち、ロータ 2 の表面磁束の空間高調波を抑制し、トルクリプルを抑制することができる。これにより、電動機 1 の騒音を低減することができる。

[0054] また、第 1 スリット 8 1 から外周部 2 0 a までの距離 L_1 (図 3) よりも、磁束が集中しやすい極間側の第 2 スリット 8 2 から外周部 2 0 a までの距離 L_2 (図 3) を長くすることにより、極間 M に近い領域を集中的に流れる磁束をできるだけ遮らないようにすることができる。これにより、ステータ 5 のコイル 5 5 (図 1) に鎖交する磁束の減少を抑え、電動機 1 の出力低下を抑制することができる。

[0055] なお、図 4 および図 5 に示したシミュレーション結果は、磁石挿入孔 2 1 の径方向内側に風穴を設けた場合のものであるが、ロータ 2 の表面磁束に与えるスリット 8 1, 8 2 の作用に関しては、風穴の有無の影響を無視することができる。

[0056] 図 6 は、実施の形態 1 の電動機 1 と比較例の電動機において、コイル 5 5 に鎖交するロータ 2 の磁束 (以下、単にロータ磁束と称する) の分布を比較して示すグラフである。図 6 において、縦軸はロータ 2 の表面磁束を示し、横軸は疑似磁極 P 2 の極中心を中心とする角度を示す。比較例の電動機は、スリット 8 1, 8 2 と外周部 2 0 a との距離 L_1 , L_2 が $L_1 > L_2$ を満足することを除き、実施の形態 1 の電動機 1 と同様に構成されている。

[0057] 図 6 において、実線は、実施の形態 1 の電動機 1 において、 $L_1 = 1 \text{ mm}$ 、 $L_2 = 1.35$ (従って $L_2 / L_1 = 1.35$) としたときのロータ磁束の分布を示す。破線は、比較例の電動機において、 $L_1 = 1 \text{ mm}$ 、 $L_2 = 0.75$ (従って $L_1 / L_2 = 1.33$) としたときのロータ磁束の分布を示す。これらの L_1 , L_2 の値は、長い方の距離を短い方の距離で除した値が同程度となるように選択している。

[0058] 図 6 から、実施の形態 1 の電動機 1 のロータ 2 の表面磁束は、比較例の電

動機よりも高いことが分かる。また、特に疑似磁極 P 2 の極中心において、実施の形態 1 の電動機 1 のロータ 2 の表面磁束が比較例の電動機よりも高いことが分かる。

[0059] 次に、薄肉部 8 3, 8 4 およびコア領域 8 5 の寸法について説明する。上記の通り、2つの第 1 スリット 8 1 の間の薄肉部 8 3 は、幅 $W 1$ を有する。第 1 スリット 8 1 と第 2 スリット 8 2 との間の薄肉部 8 4 は、幅 $W 2$ を有する。また、第 2 スリット 8 2 とフラックスバリア 2 2 との間のコア領域 8 5 は、幅 $W 3$ を有する。

[0060] 図 7 は、薄肉部 8 4 の幅 $W 2$ に対するコア領域 8 5 の幅 $W 3$ の比 $W 3 / W 2$ と、ロータ 2 の表面磁束との関係を示すグラフである。図 7 から、 $W 3 / W 2$ が、 $1 \leq W 3 / W 2 \leq 2.2$ の範囲にある場合に、ロータ 2 の表面磁束の値が特に高くなることが分かる。

[0061] これは、コア領域 8 5 の幅 $W 3$ を薄肉部 8 4 の幅 $W 2$ 以上とすることにより（すなわち $1 \leq W 3 / W 2$ により）、極間 M に近い領域を集中的に流れる磁束をできるだけ遮らないようにすることができるためである。また、薄肉部 8 4 の幅 $W 2$ を狭くし過ぎないことにより（すなわち $W 3 / W 2 \leq 2.2$ により）、薄肉部 8 4 の磁気抵抗の増加を抑えることができる。

[0062] このようにしてロータ 2 の表面磁束の大幅な低下を抑えることで、ステータ 5 のコイル 5 5 に鎖交する磁束を増加させ、その結果、電動機 1 の出力低下を抑制することができる。

[0063] 図 8 は、薄肉部 8 3 の幅 $W 1$ に対するコア領域 8 5 の幅 $W 3$ の比 $W 3 / W 1$ と、ロータ 2 の表面磁束との関係を示すグラフである。図 8 から、 $W 3 / W 1$ が、 $1 \leq W 3 / W 1 \leq 2.1$ の範囲にある場合には、ロータ 2 の表面磁束が特に高くなることが分かる。

[0064] これは、コア領域 8 5 の幅 $W 3$ を薄肉部 8 4 の幅 $W 1$ 以上とすることにより（すなわち $1 \leq W 3 / W 1$ により）、極間 M に近い領域を集中的に流れる磁束をできるだけ遮らないようにすることができるためである。また、薄肉部 8 3 の幅 $W 1$ を狭くし過ぎないことにより（すなわち $W 3 / W 1 \leq 2.1$

により)、薄肉部83の磁気抵抗の増加を抑えることができる。

[0065] このようにしてロータ2の表面磁束の大幅な低下を抑えることで、ステータ5のコイル55に鎖交する磁束を増加させ、その結果、電動機1の出力低下を抑制することができる。

[0066] また、図3において、薄肉部83の幅 $W1$ と薄肉部84の幅 $W2$ との和($W1 + W2$)およびコア領域85の幅 $W3$ は、 $W1 + W2 \leq W3$ を満足することが望ましい。

[0067] コア領域85の幅 $W3$ を、薄肉部83, 84の幅 $W1$, $W2$ の和($W1 + W2$)以上にすることにより、極間Mに近い領域を流れる磁束が、コア領域85を通して疑似磁極P2の極中心に流れやすくなる。これにより、ロータ2の表面磁束分布を正弦波に近づける効果を高めることができる。また、ロータ2の表面磁束の大幅な低下を抑えることで、ステータ5のコイル55に鎖交する磁束を増加させ、その結果、電動機1の出力低下を抑制することができる。

[0068] 加えて、第2スリット82とロータ2の外周部20aとの距離 $L2$ は、薄肉部83, 84の幅 $W1$, $W2$ との和($W1 + W2$)以上である、言い換えると $W1 + W2 \leq L2$ を満足することが望ましい。

[0069] この構成により、薄肉部83, 84を経由して疑似磁極P2の極中心に向かう磁路よりも、コア領域85から第2スリット82の外周側の磁路(図3に符号Sで示す)を経由して疑似磁極P2の極中心に向かう磁路が広くなり、磁気抵抗が小さくなる。そのため、ロータ2の表面磁束分布を正弦波に近づける効果を高めることができる。また、ロータ2の表面磁束の大幅な低下を抑えることで、ステータ5のコイル55に鎖交する磁束を増加させ、その結果、電動機1の出力低下を抑制することができる。

[0070] 図9は、ロータ2の疑似磁極P2を含む部分を拡大して示す図である。図8において、第1スリット81と第2スリット82との間の薄肉部84の周方向の長さを、長さ $T1$ とする。この長さ $T1$ は、第2スリット82の周方向の幅 $H2$ 以上である(すなわち $T1 \geq H2$ を満足する)ことが望ましい。

[0071] 第2スリット82の幅H2は、第2スリット82の径方向外側の磁路Sの長さと同じ。薄肉部84および第2スリット82の径方向外側の磁路Sの両方において、磁束密度が例えば1.6Tの磁気飽和状態に達した場合、磁束は、磁気飽和している長さの短い方の磁路を流れる。そのため、薄肉部84の長さT1が第2スリット82の幅H2より長い場合には、磁束は、薄肉部84よりも、第2スリット82の径方向外側の磁路Sを多く流れる。

[0072] そのため、極間Mに近い領域を流れる磁束を、第2スリット82の径方向外側の磁路Sから、疑似磁極P2の極中心に導くことができる。その結果、ロータ2の表面磁束分布を正弦波に近づける効果を高め、且つ、電動機1の出力低下を抑制することができる。

[0073] 図10は、ロータ2におけるスリット81、82の径方向位置を説明するための図である。ロータ2の中心軸C1から磁石挿入孔21までの最短距離D1は、中心軸C1から第2スリット82までの最短距離D2よりも長い（すなわち $D1 > D2$ が成り立つ）ことが望ましい。

[0074] 永久磁石25からの磁束は、磁石挿入孔21の径方向内側の端部から疑似磁極P2に向かって流れる。中心軸C1から磁石挿入孔21までの最短距離D1が、中心軸C1から第2スリット82までの最短距離D2よりも短い（すなわち $D1 < D2$ が成り立つ）場合、永久磁石25と薄肉部84とを最短で結ぶ磁路上に第1スリット81が存在しないため、永久磁石25から出た磁束の多くが薄肉部84に流れ込む。

[0075] これに対し、図10に示すように、中心軸C1から磁石挿入孔21までの最短距離D1が、中心軸C1から第2スリット82までの最短距離D2よりも長い場合には、永久磁石25と薄肉部84とを最短で結ぶ磁路上に第2スリット82が存在し、これが磁氣的な障壁となるため、永久磁石25から出て薄肉部84に流れ込む磁束が減少する。

[0076] 薄肉部84に流れ込む磁束の減少に伴い、コア領域85を通る磁束が増加し、その結果、第2スリット82の径方向外側の磁路Sから疑似磁極P2の極中心に向けて流れる磁束が増加する。これにより、ロータ2の表面磁束分

布を正弦波に近づける効果を高め、且つ、電動機 1 の出力低下を抑制することができる。

[0077] <モールド電動機の構成>

図 1 1 は、この実施の形態 1 の電動機 1 を適用したモールド電動機を示す縦断面図である。ステータ 5 は、モールド樹脂部 6 0 によって覆われ、モールドステータ 6 を構成している。

[0078] モールド樹脂部 6 0 は、例えば、BMC（バルクモルディングコンパウンド）等の熱硬化性樹脂で構成される。モールド樹脂部 6 0 は、図 1 1 における左側（後述する負荷側）に開口部 6 2 を有し、その反対側（後述する反負荷側）に軸受支持部 6 1 を有する。ロータ 3 は、開口部 6 2 からステータ 5 の内側の中空部分に挿入される。

[0079] モールド樹脂部 6 0 の開口部 6 2 には、金属製のブラケット 1 5 が取り付けられている。このブラケット 1 5 には、回転シャフト 1 1 を支持する一方の軸受 1 2 が保持される。また、ブラケット 1 5 の外側には、軸受 1 2 への水等の侵入を防止するためのキャップ 1 4 が取り付けられている。軸受支持部 6 1 には、回転シャフト 1 1 を支持するもう一方の軸受 1 3 が保持されている。

[0080] 回転シャフト 1 1 は、ステータ 5 から図 1 1 における左側に突出しており、その先端部 1 1 a には、例えば送風機の羽根車が取付けられる。そのため、回転シャフト 1 1 の突出側（図 1 1 の左側）を「負荷側」と称し、反対側（図 1 1 の右側）を「反負荷側」と称する。

[0081] ステータ 5 の反負荷側には、基板 7 が配置されている。基板 7 には、磁気センサ 7 1 と、電動機 1 を駆動するための駆動回路 7 2 とが実装されている。磁気センサ 7 1 は、ロータ 2 に取り付けられたセンサマグネット 2 6 に対向するように配置されている。なお、駆動回路 7 2 は、基板 7 上ではなく、電動機 1 の外部に設けることもできる。

[0082] また、基板 7 には、リード線 7 3 が配線されている。リード線 7 3 は、ステータ 5 のコイル 5 5 に電力を供給するための電源リード線と、磁気センサ

71の信号を外部に伝達するためのセンサリード線とを含む。モールド樹脂部60の外周部分には、リード線73を外部に引き出すためのリード線口出し部品74が取り付けられている。

[0083] 上述した樹脂部4は、ロータコア20の内周側に設けられているが、ロータコア20の軸方向両端面も覆っている。また、樹脂部4の一部が磁石挿入孔31の内部に入り込んでいることが望ましい。これにより、永久磁石25の磁石挿入孔21からの脱落を防止することができる。

[0084] ロータコア20には、環状のセンサマグネット（位置検出用マグネット）36が取り付けられている。センサマグネット26は、ロータコア20の軸方向において基板7に対向する側に配置され、樹脂部4に囲まれて保持されている。センサマグネット26は、ロータ2の極数と同数の磁極を有し、周方向に等間隔で配置されている。センサマグネット26の着磁方向は軸方向であるが、これには限定されない。

[0085] 磁気センサ71は、例えばホールICで構成され、ロータ2のセンサマグネット26に対向するように配置されている。磁気センサ71は、センサマグネット26からの磁束（N/S）の変化に基づき、ロータ2の周方向における位置（すなわち回転位置）を検出し、検出信号を出力する。磁気センサ71は、ホールICに限らず、MR素子（Magnetoresistive）素子、GMR（Giant-Magnetoresistive）素子、磁気インピーダンス素子であってもよい。

[0086] 磁気センサ71の検出信号は、駆動回路72に出力される。なお、駆動回路72が電動機1の外部に配置されている場合には、磁気センサ71の検出信号はセンサリード線を介して駆動回路72に出力される。駆動回路72は、磁気センサ71からの検出信号に基づき、ステータ5に対するロータ2の相対的な回転位置に応じてコイル55に流す電流を制御する。

[0087] ここではセンサマグネット26と磁気センサ71を用いてロータ2の回転位置を検出する例について説明したが、コイル55に流れる電流等からロータ2の回転位置を推定するセンサレス制御を行っても良い。

[0088] また、ここでは、ステータ5をモールド樹脂部60で覆った構成について説明したが、ステータ5をシェルの内側に焼き嵌めによって固定する構成を採用してもよい。

[0089] <実施の形態の効果>

以上説明したように、この実施の形態1のロータ2は、永久磁石25によって構成される磁石磁極P1（すなわち第1の磁極）と、ロータコア20によって構成される疑似磁極P2（すなわち第2の磁極）とを有すると共に、疑似磁極P2に複数のスリット81、82を有し、スリット81、82が疑似磁極P2の磁極中心線CLに対して対称に形成され、第1スリット81（すなわち第1のスリット）からロータコア20の外周部20aまでの距離L1と、第2スリット82（すなわち第2のスリット）からロータコア20の外周部20aまでの距離L2とが、 $L1 < L2$ を満足する。これにより、極間Mに近い領域から疑似磁極P2の極中心に向かって流れる磁束を増加させることができる。

[0090] その結果、ロータ2の表面磁束分布を、極中心に磁束が集中し、極間Mに向かって磁束が減少する正弦波に近づけることができる。これにより、ロータ2の表面磁束の空間高調波を抑制し、トルクリプルを抑制することができる。すなわち、電動機1の騒音を低減することができる。また、ステータ5のコイル55に鎖交する磁束が増加するため、スリット81、82を設けたことによる電動機1の出力低下を抑制することができる。

[0091] また、磁極中心線CLを挟んで両側に2つの第1スリット81を有するため、2つの第1スリット81間の薄肉部83を介して、疑似磁極P2の極中心に磁束を導くことができる。

[0092] また、2つの第1スリット81の周方向の間隔（すなわち薄肉部83の幅）W1と、第2スリット82と磁石挿入孔21との周方向の間隔（すなわちコア領域85の幅）W3とが、 $1 \leq W3 / W1 \leq 2$ を満足するため、極間Mに近い領域を流れる磁束をできるだけ遮らないようにすることができ、これにより電動機1の出力低下を抑制することができる。

- [0093] また、2つの第1スリット81の周方向の間隔（すなわち薄肉部83の幅） $W1$ と、スリット81、82の周方向の間隔（すなわち薄肉部84の幅） $W2$ と、第2スリット82と磁石挿入孔21との周方向の間隔（すなわちコア領域85の幅） $W3$ とが、 $W1 + W2 < W3$ を満足するため、磁束がコア領域85を通して疑似磁極P2の極中心に流れやすくなる。そのため、ロータ2の表面磁束分布を正弦波に近づける効果を高め、且つ電動機1の出力低下を抑制することができる。
- [0094] また、2つの第1スリット81の周方向の間隔（すなわち薄肉部83の幅） $W1$ と、スリット81、82の周方向の間隔（すなわち薄肉部84の幅） $W2$ と、第2スリット82からロータコア20の外周部20aまでの距離 $L2$ とが、 $W1 + W2 < L2$ を満足するため、コア領域85と第2スリット82の外周側の磁路Sとを通して疑似磁極P2の極中心に向かう磁路が広くなり、磁気抵抗が小さくなる。そのため、ロータ2の表面磁束分布を正弦波に近づける効果を高め、且つ電動機1の出力低下を抑制することができる。
- [0095] また、スリット81、82との周方向の間隔（すなわち薄肉部84の幅） $W2$ と、第2スリット82と磁石挿入孔21との周方向の間隔（すなわちコア領域85の幅） $W3$ とが、 $1 \leq W3 / W2 \leq 2.2$ を満足するため、極間Mに近い領域を流れる磁束をできるだけ遮らないようにすることができ、これにより電動機1の出力低下を抑制することができる。
- [0096] また、スリット81、82の間の薄肉部84の径方向の長さ $T1$ と、第2スリット82の周方向の幅 $H2$ とが、 $T1 > H2$ を満足するため、磁束が、薄肉部84よりも第2スリット82の径方向外側の磁路Sを多く流れる。これにより、ロータ2の表面磁束分布を正弦波に近づける効果を高め、且つ電動機1の出力低下を抑制することができる。
- [0097] また、中心軸C1から磁石挿入孔21までの最短距離 $D1$ が、中心軸C1から第2スリット82までの最短距離 $D2$ よりも長いため、コア領域85を流れる磁束を増加させることができる。これにより、第2スリット82の径方向外側の磁路Sから、疑似磁極P2の極中心に流れる磁束が増加する。そ

の結果、ロータ 2 の表面磁束分布を正弦波に近づける効果を高め、且つ電動機 1 の出力低下を抑制することができる。

[0098] また、回転シャフト 11 とロータコア 20 との間に、非磁性材料で形成された樹脂部 4 が設けられているため、ロータコア 20 から回転シャフト 11 への漏れ磁束を抑制することができる。なお、ここでは、ロータコア 20 と回転シャフト 11 との間に樹脂部 4 を設けたが、樹脂部 4 を設ける代わりに、ロータコア 20 の中心孔に回転シャフト 11 を固定してもよい。

[0099] 実施の形態 2.

次に、本発明の実施の形態 2 について説明する。実施の形態 2 の電動機は、ロータ 2 A の構成において、実施の形態 1 の電動機 1 と異なるものである。実施の形態 2 の電動機のステータは、実施の形態 1 の電動機 1 のステータ 5 と同様に構成されている。

[0100] <ロータの構成>

図 12 は、実施の形態 2 のロータ 2 A を示す断面図である。ロータ 2 A は、中心軸 C1 を中心とする円筒状のロータコア 200 を有する。ロータコア 200 は、厚さ 0.2 ~ 0.5 mm の磁性を有する積層要素を軸方向に複数枚積層し、カシメ等により固定したものである。積層要素は、ここでは、鉄を主成分とする電磁鋼板である。なお、ロータコア 200 は、軟磁性材料と樹脂とを組み合わせた樹脂鉄心で構成してもよい。ロータ 2 A の直径は、ここでは 50 mm である。

[0101] ロータコア 200 の外周に沿って、複数の磁石挿入孔 21 が形成されている。磁石挿入孔 21 の数は、ここでは 5 つである。各磁石挿入孔 21 には、永久磁石 25 が配置されている。磁石挿入孔 21 の形状および配置は、実施の形態 1 で説明したとおりである。また、永久磁石 25 の材質および形状は、実施の形態 1 で説明したとおりである。

[0102] 各磁石挿入孔 21 に配置された永久磁石 25 によって、磁石磁極 P1 が形成される。また、ロータコア 200 において隣り合う永久磁石 25 の間には、永久磁石 25 とは反対極性の疑似磁極 P2 が形成される。すなわち、ロー

タ 2 A は、5 つの磁石磁極 P 1 と、5 つの疑似磁極 P 2 を周方向に交互に有する。そのため、ロータ 2 A の極数は、10 極である。但し、ロータ 2 A の極数は、10 極に限定されるものではない。

[0103] ロータコア 200 は、径方向の中心に中心孔 28 を有し、この中心孔 28 に回転シャフト 11 が固定されている。すなわち、実施の形態 2 のロータ 2 A は、実施の形態 1 で説明した樹脂部 4（図 1）を有さない。回転シャフト 11 の材質および形状は、実施の形態 1 で説明した通りである。図 12 では、ロータコア 200 の磁石挿入孔 21 の径方向内側に風穴 27 が設けられているが、この風穴 27 は設けなくてもよい。

[0104] ロータコア 200 の外周は、実施の形態 1 で説明した花丸形状を有する。すなわち、ロータコア 200 の外周は、各磁極（磁石磁極 P 1 および疑似磁極 P 2）の極中心を中心とする外周部 20 a と、極間 M を中心とする外周部 20 b とを有する。外周部 20 a、20 b は、いずれも中心軸 C 1 側に曲率中心を有する円弧状部分であるが、曲率半径が互いに異なる。

[0105] 磁石挿入孔 21 は、その周方向両端に、実施の形態 1 で説明したフラックスバリア 22 を有する。なお、フラックスバリア 22 は、ここでは磁石挿入孔 21 の周方向両端に配置されているが、磁石挿入孔 21 の周方向の一端にのみ配置されていてもよい。

[0106] 図 13 は、ロータ 2 A の疑似磁極 P 2 を含む部分を拡大して示す図である。ロータコア 200 は、疑似磁極 P 2 に、複数のスリット 81、82 からなるスリット群 8 を有する。この実施の形態 2 では、スリット群 8 は、疑似磁極 P 2 の磁極中心線 C L 上に位置する 1 つの第 1 スリット 81 と、この第 1 スリット 81 に対して周方向の両側に形成された 2 つの第 2 スリット 82 とを有する。

[0107] 第 1 スリット 81 および第 2 スリット 82 は、疑似磁極 P 2 の磁極中心線 C L に対して対称に形成されている。より具体的には、第 1 スリット 81 は、その周方向中心が磁極中心線 C L 上に位置するように形成され、磁極中心線 C L に対して対称な形状を有する。2 つの第 2 スリット 82 は、磁極中心

線CLに対して、互いに対称な位置に形成され、互いに対称な形状を有する。

[0108] 第1スリット81は、径方向に長い形状を有する。より具体的には、第1スリット81は、径方向外側の端部81aと、径方向内側の端部81bと、周方向両側の端部81c、81dとを有する。

[0109] 第1スリット81の端部81a、81bは、磁極中心線CLに直交して延在する。端部81c、81dは、磁極中心線CLに平行に延在する。また、第1スリット81の長さ（すなわち端部81a、81bの間隔）S1は、第1スリット81の幅（すなわち端部81c、81dの間隔）H1よりも長い。

[0110] 第2スリット82は、径方向に長い形状を有する。より具体的には、第2スリット82は、径方向外側の端部82aと、径方向内側の端部82bと、周方向外側（すなわち磁極中心線CLから遠い側）の端部82cと、周方向内側（すなわち磁極中心線CLに近い側）の端部82dとを有する。

[0111] 第2スリット82の端部82aは、外周部20aに沿って延在し、端部82bは、磁極中心線CLに直交して延在する。端部82c、82dは、磁極中心線CLに平行に延在する。また、第2スリット82の長さ（すなわち端部82a、82bの間隔）A2は、第2スリット82の幅（すなわち端部82c、82dの間隔）H2よりも長い。

[0112] 第1スリット81の長さA1および幅H1は、いずれも、第2スリット82の長さA2および幅H2よりも短い。すなわち、第1スリット81の断面積は、第2スリット82の断面積よりも小さい。

[0113] 第1スリット81と第2スリット82との間には、薄肉部84が形成される。薄肉部84は、周方向における最小幅（すなわち第1スリット81の端部81cと第2スリット82の側端部82dとの最小間隔）W2を有する。なお、薄肉部84の幅W2は、図13では径方向に亘って一定であるが、必ずしも一定でなくてもよい。

[0114] 第2スリット82とフラックスバリア22の間には、コア領域85が形

成される。コア領域85は、第2スリット82と、フラックスバリア22の最も磁極中心線CLに近い端部との間に、周方向における最小幅である幅W3を有する。

[0115] 第1スリット81と外周部20aとの最短距離（すなわち第1スリット81の端部81aと外周部との最短距離）を、距離L1とする。また、第2スリット82と外周部20aとの最短距離（すなわち第2スリット82の端部82aと外周部20aとの最短距離）を、距離L2とする。距離L1、L2は、 $L1 < L2$ の関係を満たす。

[0116] <作用>

次に、実施の形態2の作用について説明する。実施の形態1でも説明したように、ロータ2Aとステータ5との間隔が各磁極（磁石磁極P1および疑似磁極P2）の極中心で最小になり、極中心から離れるほど大きくなる構成により、極中心に磁束が集中し、ロータ2Aの表面磁束分布が正弦波に近づく。

[0117] ロータ2Aでは、疑似磁極P2を流れる磁束の自由度が高いため、ロータ2Aとステータ5の相対回転位置によってロータ2Aの表面磁束が大きく変化する。そのため、ロータ2Aにスリット81、82を設けて磁束の自由度を制限することにより、ロータ2Aの表面磁束分布を正弦波に近づける効果を高めることができる。

[0118] 特に、第1スリット81から外周部20aまでの距離L1よりも、第2スリット82から外周部20aまでの距離L2を長くすることにより、極間Mに近い領域から疑似磁極P2の極中心に向かって流れる磁束を増加させることができる。これにより、ロータ2Aの表面磁束分布を正弦波に近づけ、空間高調波を抑制することができる。これにより、トルクリプルを抑制し、電動機1の騒音を低減することができる。

[0119] また、極間Mに近い領域から疑似磁極P2の極中心に向かって流れる磁束を増加させることにより、ステータ5のコイル55（図1）に鎖交する磁束を増加させ、電動機1の出力低下を抑制することができる。すなわち、電動

機 1 の騒音を低減し、なお且つ、出力低下を抑制することができる。

[0120] 次に、薄肉部 8 4 およびコア領域 8 5 の寸法について説明する。上記の通り、第 1 スリット 8 1 と第 2 スリット 8 2 との間の薄肉部 8 4 は、幅 $W 2$ を有する。また、第 2 スリット 8 2 とフラックスバリア 2 2 との間のコア領域 8 5 は、幅 $W 3$ を有する。

[0121] 実施の形態 1 でも説明したように、 $W 3 / W 2$ が、 $1 \leq W 3 / W 2 \leq 2$ 、2 の範囲にある場合には、ロータ 2 A の表面磁束が特に高くなる。すなわち、コア領域 8 5 の幅 $W 3$ を薄肉部 8 4 の幅 $W 2$ 以上とすることにより、極間 M に近い領域を流れる磁束をできるだけ遮らないようにすることができる。また、薄肉部 8 4 の幅 $W 2$ を狭くし過ぎないことにより、薄肉部 8 4 の磁気抵抗の増加を抑えることができる。

[0122] 加えて、第 2 スリット 8 2 とロータ 2 A の外周部 2 0 a との距離 $L 2$ は、薄肉部 8 4 の幅 $W 2$ 以上である（すなわち $W 2 \leq L 2$ を満足する）ことが望ましい。この構成により、薄肉部 8 4 を経由して疑似磁極 P 2 の極中心に向かう磁路よりも、コア領域 8 5 から第 2 スリット 8 2 の外周側の磁路 S を経由して疑似磁極 P 2 の極中心に向かう磁路が広くなり、磁気抵抗が小さくなる。そのため、ロータ 2 A の表面磁束分布を正弦波に近づける効果を高め、且つ、磁力低下を抑制することができる。

[0123] また、第 1 スリット 8 1 と第 2 スリット 8 2 との間の薄肉部 8 4 の周方向の長さを、長さ $T 1$ とする。この長さ $T 1$ は、第 2 スリット 8 2 の周方向の幅 $H 2$ 以上である（すなわち $T 1 \geq H 2$ を満足する）ことが望ましい。

[0124] 実施の形態 1 でも説明したように、薄肉部 8 4 および第 2 スリット 8 2 の径方向外側の磁路 S の両方が磁気飽和状態に達した場合、磁束は、磁気飽和している長さの短い方の磁路を流れる。そのため、薄肉部 8 4 の長さ $T 1$ が第 2 スリット 8 2 の幅 $H 2$ より長い場合には、磁束は、薄肉部 8 4 よりも、第 2 スリット 8 2 の径方向外側の磁路 S を多く流れる。これにより、極間 M に近い領域を流れる磁束を、第 2 スリット 8 2 の径方向外側の磁路 S から、疑似磁極 P 2 の極中心に導くことができる。その結果、ロータ 2 A の表面磁

束分布を正弦波に近づける効果を高め、且つ、磁力低下を抑制することができる。

[0125] また、ロータ2Aの中心軸C1から磁石挿入孔21までの最短距離D1は、中心軸C1から第2スリット82までの最短距離D2よりも長い（すなわち $D1 > D2$ が成り立つ）ことが望ましい。これにより、永久磁石25と薄肉部84とを最短で結ぶ磁路に第2スリット82が存在し、磁気的な障壁となるため、永久磁石25から出て薄肉部84に流れ込む磁束が減少する。

[0126] 薄肉部84に流れ込む磁束の減少に伴い、コア領域85を通る磁束が増加し、その結果、第2スリット82の径方向外側の磁路Sから疑似磁極P2の極中心に向けて流れる磁束が増加する。これにより、ロータ2Aの表面磁束分布を正弦波に近づける効果を高め、且つ、磁力低下を抑制することができる。

[0127] <実施の形態の効果>

以上説明したように、実施の形態2では、ロータ2Aのスリット81, 82が3つであり、第1スリット81が磁極中心線CL上に位置しているが、実施の形態1と同様、第1スリット81（すなわち第1のスリット）からロータコア200の外周部20aまでの距離L1と、第2スリット82（すなわち第2のスリット）からロータコア200の外周部20aまでの距離L2とが、 $L1 < L2$ を満足する。これにより、極間Mに近い領域から疑似磁極P2の極中心に向かって流れる磁束を増加させることができる。

[0128] そのため、ロータ2Aの表面磁束分布を正弦波に近づけることができる。これにより、ロータ2Aの表面磁束の空間高調波を抑制し、トルクリプルを抑制することができる。すなわち、電動機1の騒音を低減することができる。また、ステータ5のコイル55に鎖交する磁束が増加するため、スリット81, 82を設けたことによる磁力低下を抑制することができる。

[0129] なお、ここでは、ロータ2Aのロータコア200の中心孔28に回転シャフト11を固定した構成について説明したが、実施の形態1で説明したように、ロータコア200と回転シャフト11との間に樹脂部4（図1）を設け

てもよい。

[0130] また、実施の形態１では、疑似磁極Ｐ２に４つのスリットを設け、実施の形態２では、３つのスリットを設けたが、５つ以上のスリットを設けてもよい。

[0131] ＜空気調和装置＞

次に、上述した各実施の形態の電動機を適用した空気調和装置について説明する。図１４（Ａ）は、各実施の形態の電動機が適用可能な空気調和装置５００の構成を示す図である。空気調和装置５００は、室外機５０１と、室内機５０２と、これらを接続する冷媒配管５０３とを備える。室外機５０１は、送風機（室外送風機）５１０を備えている。

[0132] 図１４（Ｂ）は、図１４（Ａ）に示した線分１４Ｂ－１４Ｂにおける断面図である。室外機５０１は、ハウジング５０８と、ハウジング５０８内に固定されたフレーム５０９とを有する。フレーム５０９には、送風機５１０の駆動源としての電動機１が固定されている。電動機１の回転シャフト１１には、ハブ５１２を介して羽根車（羽根部）５１１が取り付けられている。

[0133] 図１５は、空気調和装置５００の冷媒回路を示す模式図である。空気調和装置５００は、圧縮機５０４と、凝縮器５０５と、絞り装置（減圧装置）５０６と、蒸発器５０７とを備える。圧縮機５０４、凝縮器５０５、絞り装置５０６および蒸発器５０７は、冷媒配管５０３によって連結されて冷凍サイクルを構成している。すなわち、圧縮機５０４、凝縮器５０５、絞り装置５０６および蒸発器５０７の順に、冷媒が循環する。

[0134] 圧縮機５０４、凝縮器５０５および絞り装置５０６は、室外機５０１に設けられている。蒸発器５０７は、室内機５０２に設けられている。この室内機５０２には、蒸発器５０７に室内の空気を供給する送風機（室内送風機）５２０が設けられている。

[0135] 空気調和装置５００の動作は、次の通りである。圧縮機５０４は、吸入した冷媒を圧縮して送り出す。凝縮器５０５は、圧縮機５０４から流入した冷媒と室外の空気との熱交換を行い、冷媒を凝縮して液化させて冷媒配管５０

3に送り出す。室外機501の送風機510は、冷媒が凝縮器505で凝縮する際に放出された熱を、室外に放出する。絞り装置506は、冷媒配管503を流れる冷媒の圧力等を調整する。

[0136] 蒸発器507は、絞り装置506により低圧状態にされた冷媒と室内の空気との熱交換を行い、冷媒に空気の熱を奪わせて蒸発（気化）させて、冷媒配管503に送り出す。室内機502の送風機520は、蒸発器507に室内の空気を供給する。これにより、蒸発器507で熱が奪われた冷風が、室内に供給される。

[0137] 上述した各実施の形態の電動機1は、永久磁石25の減磁を抑制するように構成されている。そのため、電動機1を送風機510の動力源に用いることにより、長期間に亘って空気調和装置500の運転効率を向上し、消費エネルギーを低減することができる。

[0138] なお、ここでは、各実施の形態の電動機1を送風機（室外送風機）510の駆動源として用いたが、送風機（室内送風機）520の駆動源として用いても良い。また、各実施の形態の電動機1は、送風機に限らず、例えば圧縮機504の駆動源として用いてもよい。

[0139] また、各実施の形態の電動機1は、空気調和装置500に限らず、例えば、換気扇、家電機器あるいは工作機械の電動機として利用してもよい。

[0140] 以上、本発明の望ましい実施の形態について具体的に説明したが、本発明は上記の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、種々の改良または変形を行なうことができる。

符号の説明

[0141] 1 電動機、 2, 2A ロータ、 4 樹脂部（支持部）、 5 ステータ、 6 モールドステータ、 7 基板、 8 スリット群、 10 空隙、 11 回転シャフト、 20, 200 ロータコア、 20a 外周部（第1の外周部）、 20b 外周部（第2の外周部）、 21 磁石挿入孔、 22 フラックスバリア、 23 内周、 25 永久磁石、 26 センサマグネット（位置検出マグネット）、 28 中心孔、 41

内筒部、 42 連結部、 43 外筒部、 50 ステータコア、 50a 外周、 50b 内周、 51 ティース、 52 ヨーク、 53 スロット、 54 絶縁部、 55 コイル、 60 モールド樹脂部、 81 第1スリット、 82 第2スリット)、 83 薄肉部(極中心薄肉部)、 84 薄肉部(スリット間薄肉部)、 85 コア領域、 101 駆動装置、 102 コンバータ、 103 インバータ、 105 制御装置、 106 CPU、 107 インバータ駆動回路、 108 電流検出回路、 500 空気調和装置、 501 室外機、 502 室内機、 503 冷媒配管、 504 圧縮機、 505 凝縮器、 506 絞り装置、 507 蒸発器、 510 送風機(室外送風機)、 511 羽根車(羽根部)、 520 送風機(室内送風機)。

請求の範囲

- [請求項1] 中心軸を囲む環状の外周と、前記外周に沿って形成された磁石挿入孔とを有するロータコアと、
 前記磁石挿入孔に配置された永久磁石と
 を有し、
 前記永久磁石によって第1の磁極が構成され、前記ロータコアの一部によって第2の磁極が構成され、
 前記ロータコアは、前記第2の磁極に複数のスリットを有し、
 前記複数のスリットは、前記第2の磁極の極中心と前記中心軸とを結ぶ磁極中心線に対して対称に形成され、
 前記複数のスリットは、前記中心軸を中心とする周方向における前記磁極中心線の一方の側に、前記磁極中心線に最も近い第1のスリットと、前記第1のスリットに対して前記周方向に隣接する第2のスリットとを有し、
 前記第1のスリットから前記ロータコアの外周までの最短距離 L_1 と、
 前記第2のスリットから前記ロータコアの前記外周までの最短距離 L_2 とが、
 $L_1 < L_2$ を満足する
 ロータ。
- [請求項2] 前記第1のスリットは、前記磁極中心線上に形成されている
 請求項1に記載のロータ。
- [請求項3] 前記磁極中心線に対する前記周方向の他方の側に、前記磁極中心線に対して前記第1のスリットと対称に形成されたもう1つの第1のスリットを有する
 請求項1に記載のロータ。
- [請求項4] 前記第1のスリットと前記もう1つの第1のスリットとの前記周方向の間隔 W_1 と、

前記第2のスリットと前記磁石挿入孔との前記周方向の間隔 W_3 とが、

$$1 \leq W_3 / W_1 \leq 2.1$$

を満足する

請求項3に記載のロータ。

[請求項5] 前記第1のスリットと前記もう1つの第1のスリットとの前記周方向の間隔 W_1 と、

前記第1のスリットと前記第2のスリットとの前記周方向の間隔 W_2 と、

前記第2のスリットと前記磁石挿入孔との前記周方向の間隔 W_3 とが、

$$W_1 + W_2 < W_3 \text{ を満足する}$$

請求項3または4に記載のロータ。

[請求項6] 前記間隔 W_1 と、前記間隔 W_2 と、前記最短距離 L_2 とが、

$$W_1 + W_2 < L_2 \text{ を満足する}$$

請求項4または5に記載のロータ。

[請求項7] 前記第1のスリットと前記第2のスリットとの前記周方向の間隔 W_2 と、

前記第2のスリットと前記磁石挿入孔との前記周方向の間隔 W_3 とが、

$$1 \leq W_3 / W_2 \leq 2.2$$

を満足する

請求項1から6までの何れか1項に記載のロータ。

[請求項8] 前記ロータコアは、前記第1のスリットと前記第2のスリットとの間に薄肉部を有し、

前記薄肉部の前記中心軸を中心とする径方向の長さ T_1 と、

前記第2のスリットの前記周方向の幅 H_2 とが、

$$T_1 > H_2$$

を満足する

請求項 1 から 7 までの何れか 1 項に記載のロータ。

[請求項9] 前記中心軸から前記磁石挿入孔までの最短距離が、前記中心軸から前記第 2 のスリットまでの最短距離よりも長い

請求項 1 から 8 までの何れか 1 項に記載のロータ。

[請求項10] 前記ロータコアの外周は、前記第 1 の磁極の極中心を通して延在する第 1 の外周部と、前記第 2 の磁極の極中心を通して延在する第 2 の外周部と、前記第 1 の外周部と前記第 2 の外周部との間に形成された第 3 の外周部とを有し、

前記中心軸から前記第 3 の外周部までの最長距離は、前記中心軸から前記第 1 の外周部までの最長距離よりも短く、前記中心軸から前記第 2 の外周部までの最長距離よりも短い

請求項 1 から 9 までの何れか 1 項に記載のロータ。

[請求項11] 回転シャフトと、

前記回転シャフトと前記ロータコアとの間に設けられ、非磁性材料で形成された支持部と

を備えた請求項 1 から 10 までの何れか 1 項に記載のロータ。

[請求項12] 請求項 1 から 11 までの何れか 1 項に記載のロータと、

前記ロータを、前記中心軸を中心とする径方向の外側から囲むステータと

を備えた電動機。

[請求項13] 請求項 12 に記載の電動機と、

前記電動機によって回転する羽根部と

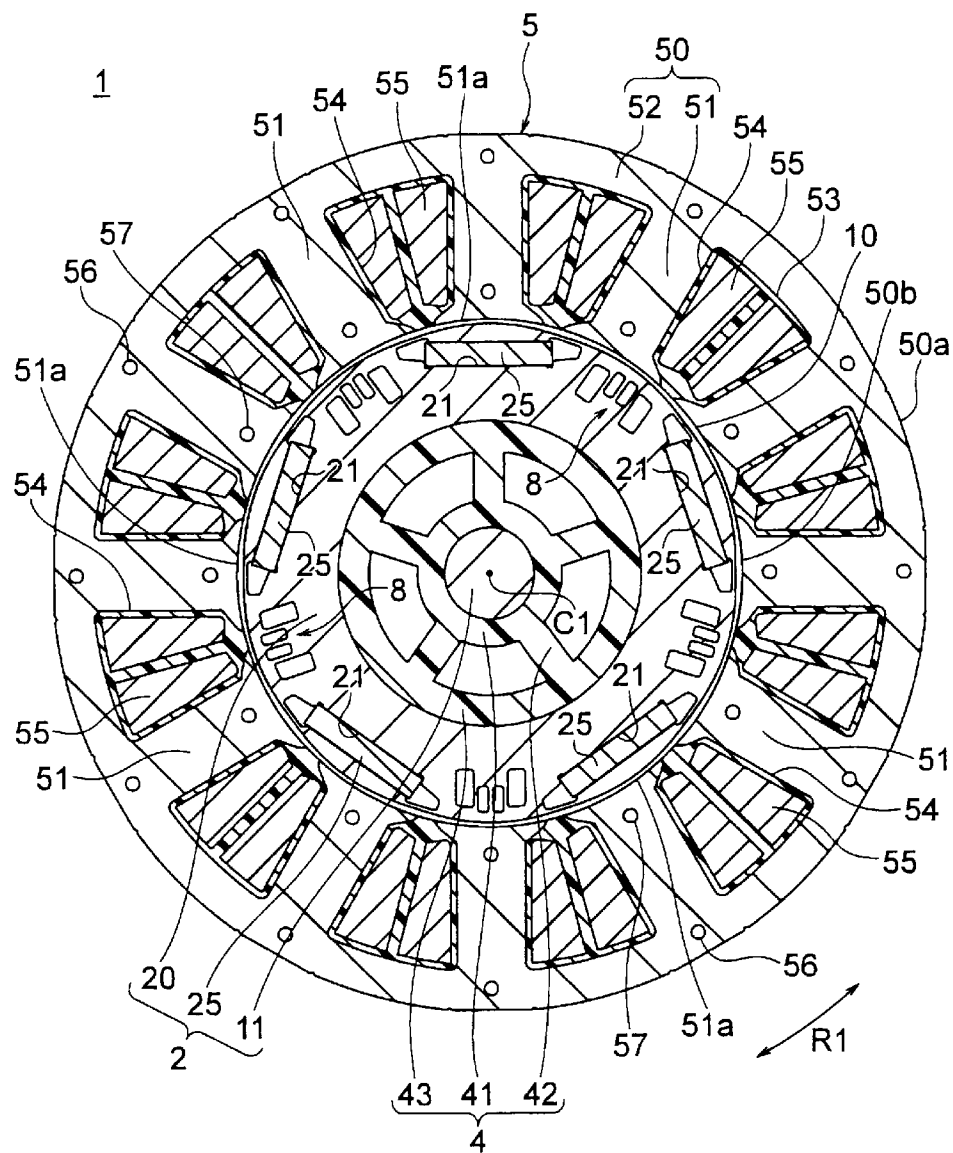
を備えた送風機。

[請求項14] 室外機と、室内機と、前記室外機と前記室内機とを連結する冷媒配管とを備え、

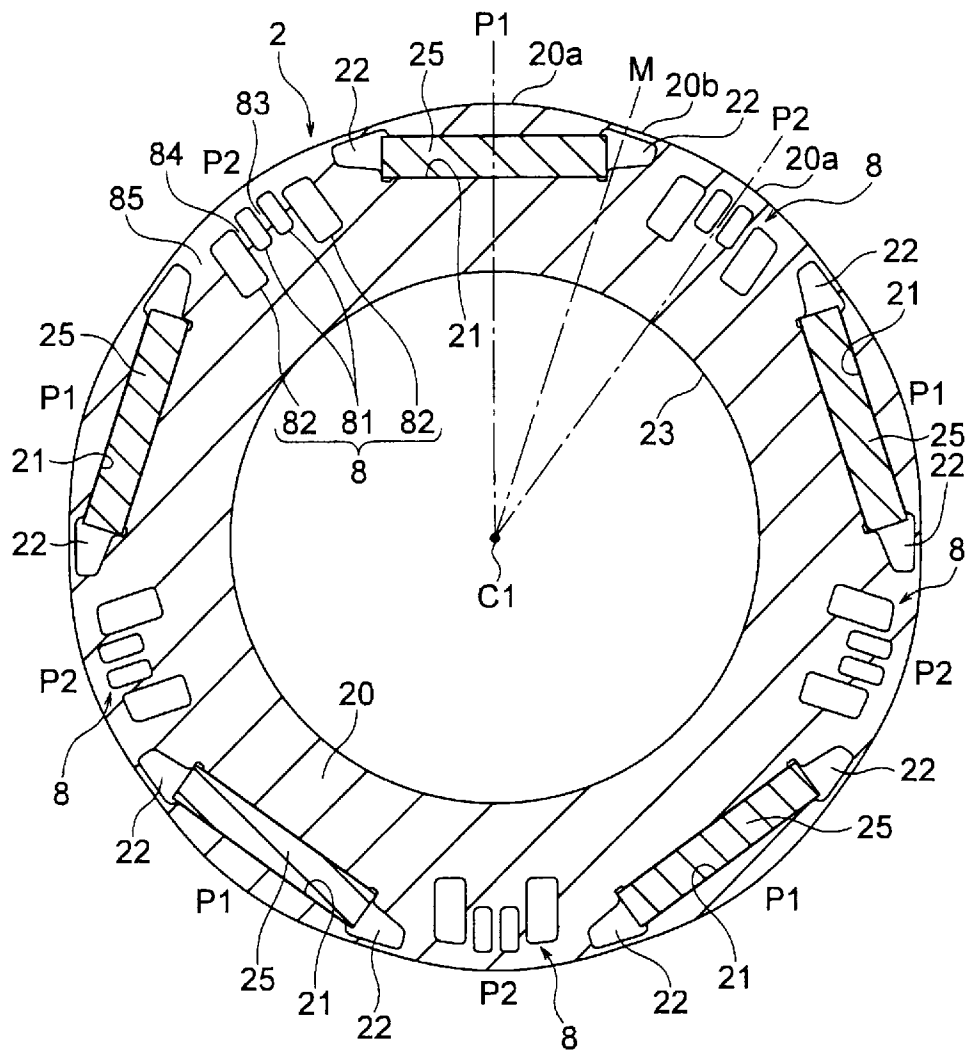
前記室外機および前記室内機の少なくとも一方は、請求項 13 に記載の送風機を有する

空気調和装置。

[図1]

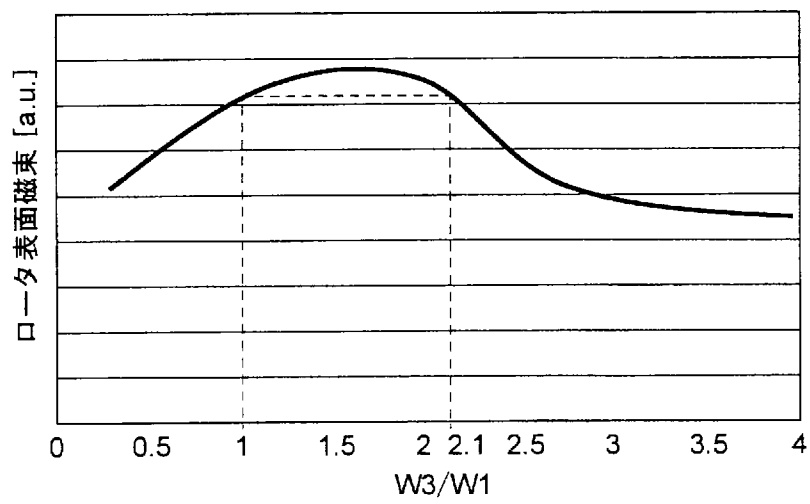


[図2]

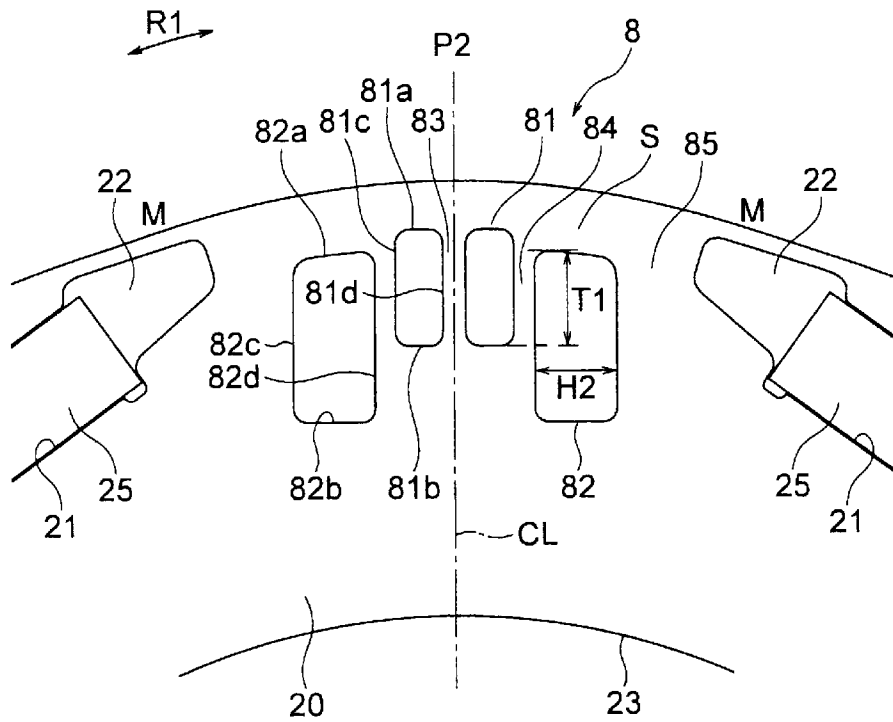


[illegible][illegible]

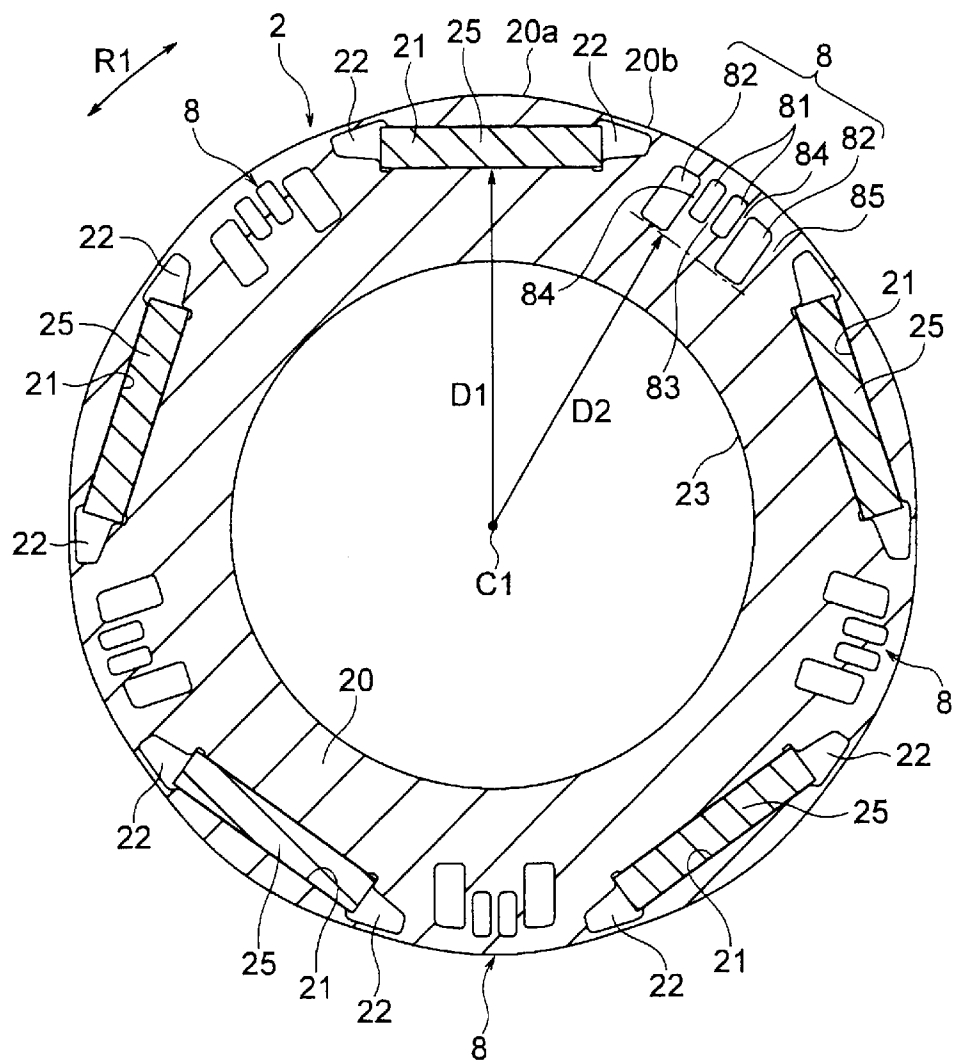
[図8]



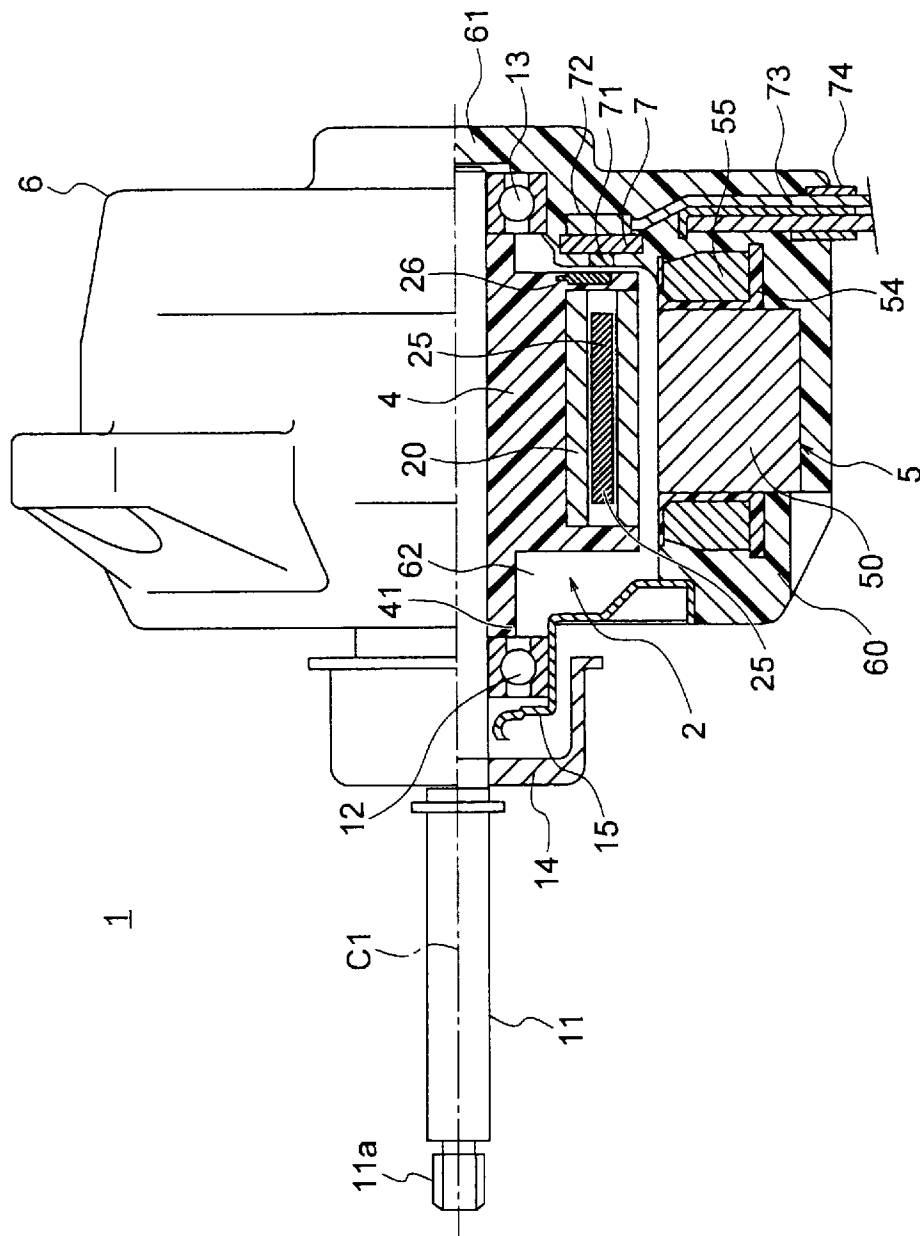
[図9]



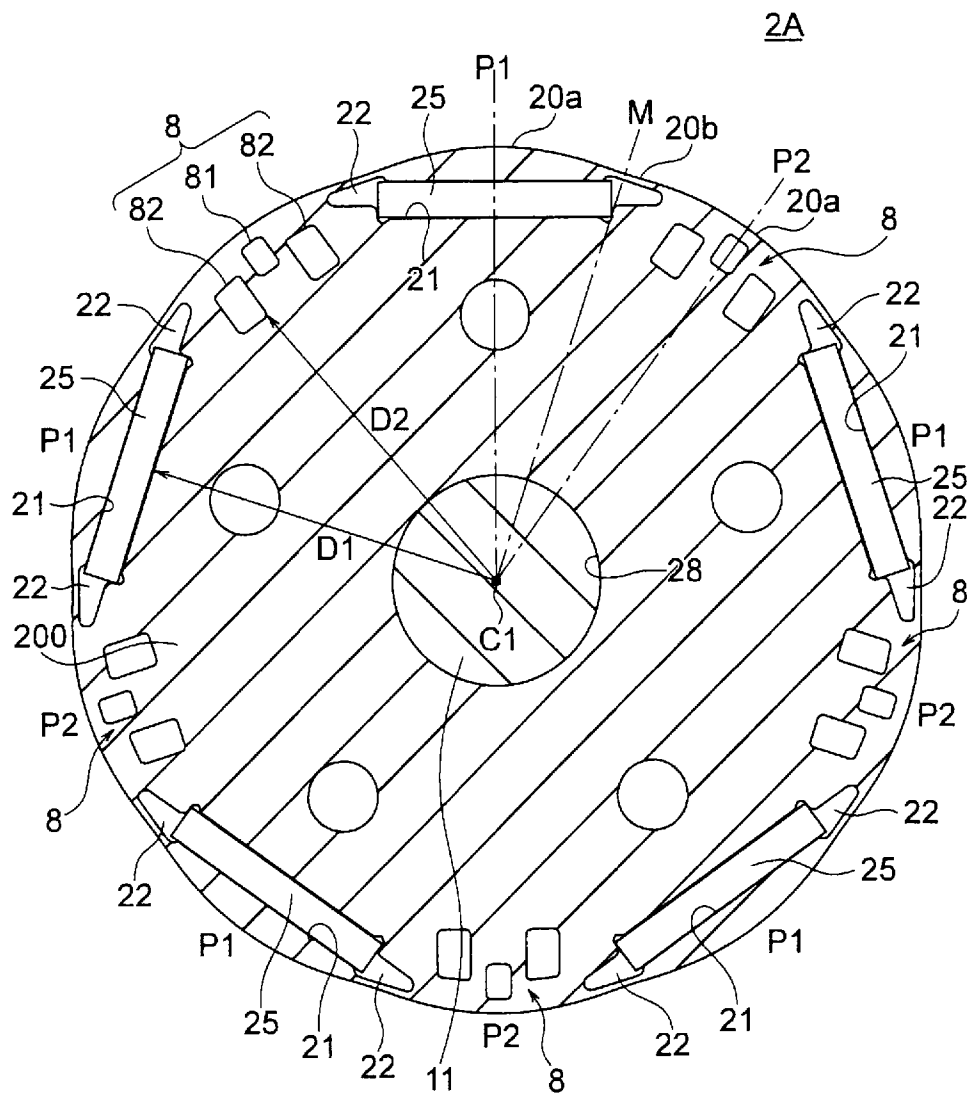
[図10]



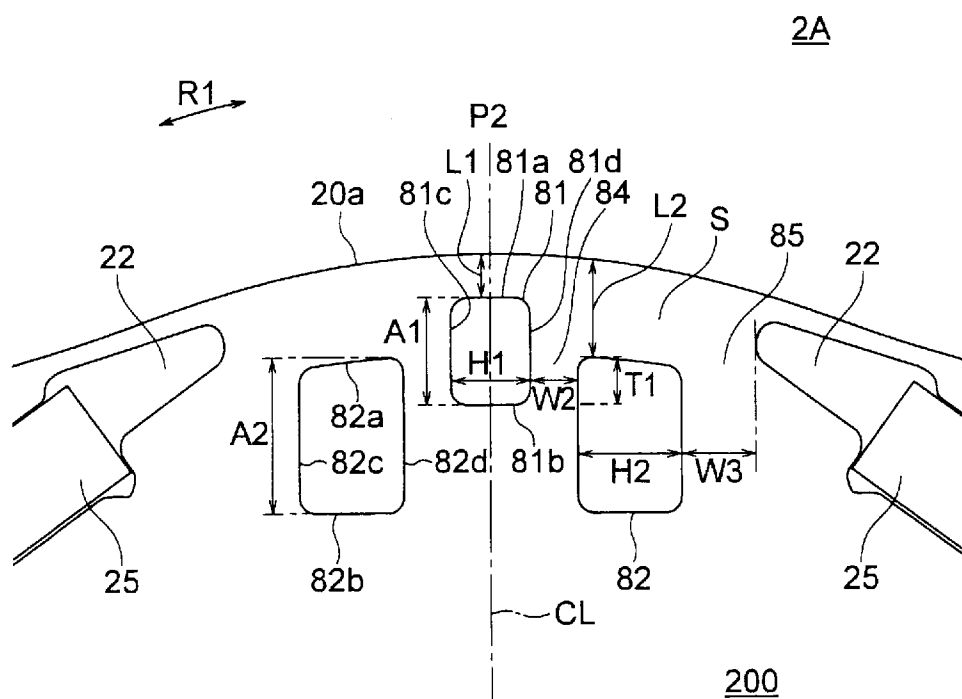
[図11]



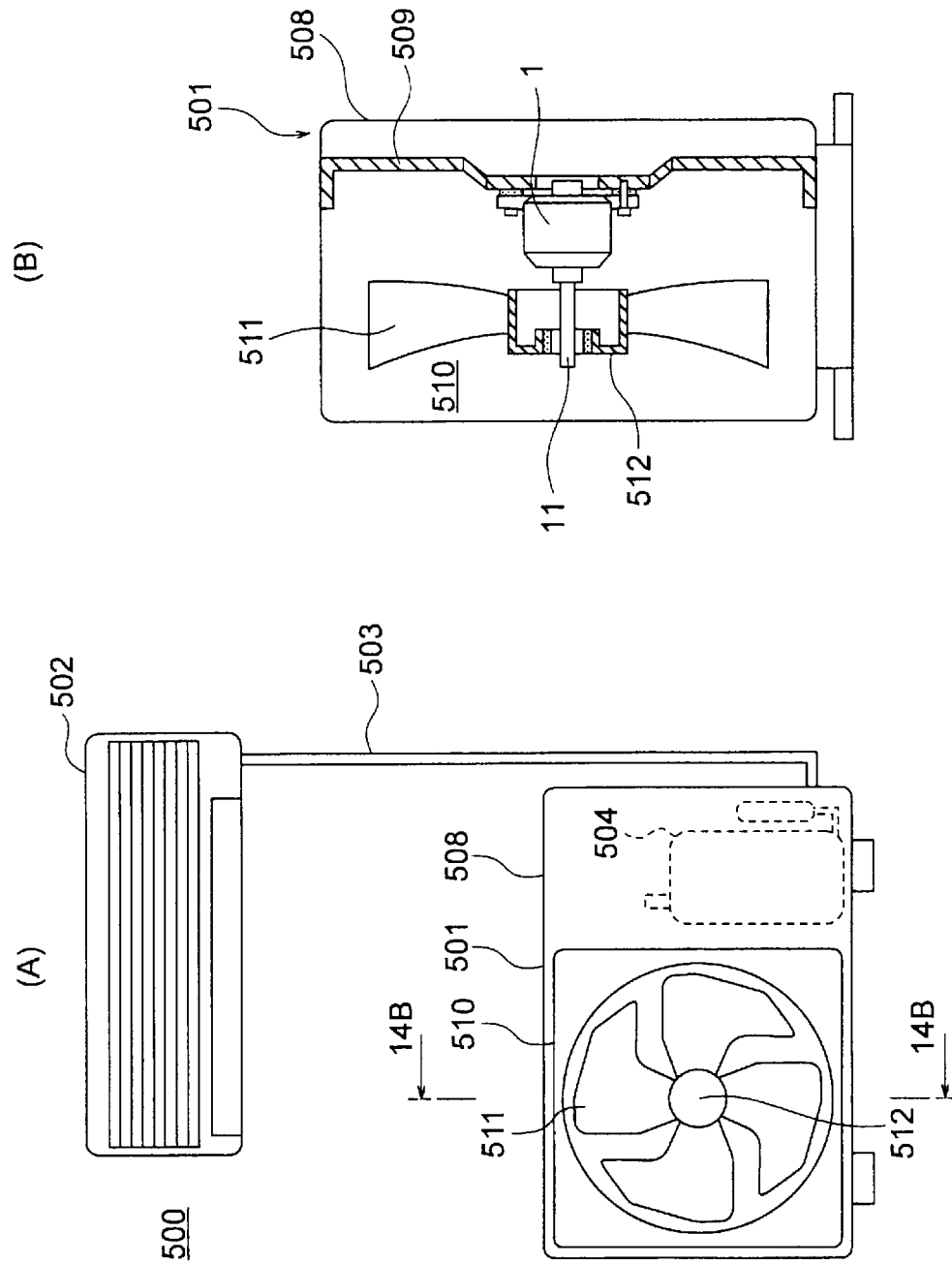
[図12]



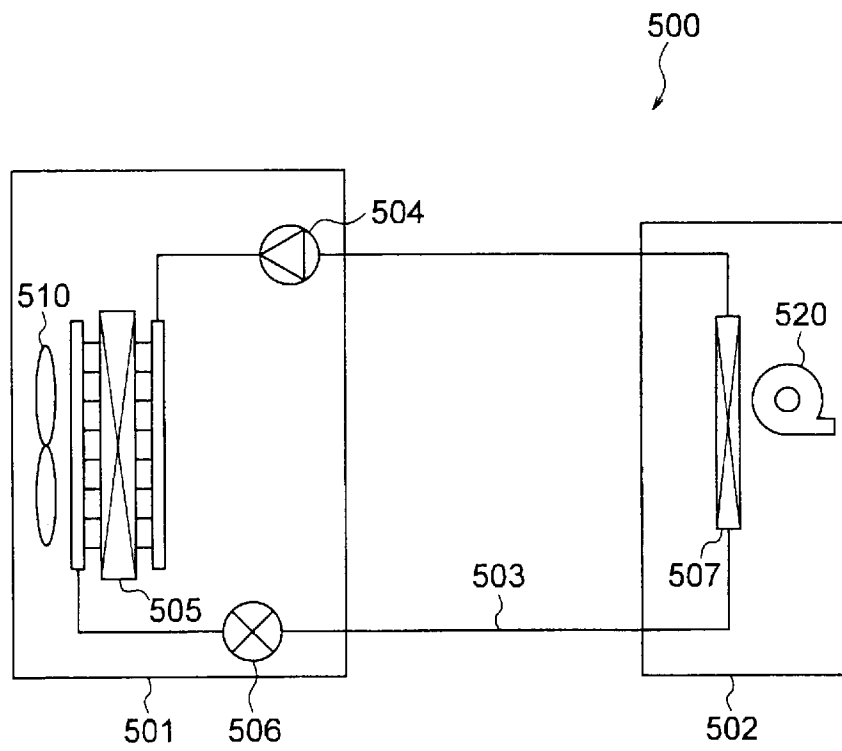
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/023964

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02K1/27 (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. H02K1/27

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
Y A	JP 2012-244783 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 10 December 2012, paragraphs [0012]-[0055], fig. 20 (Family: none)	1-3, 8, 10-14 4-7, 9
Y A	WO 2015/045999 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 02 April 2015, paragraphs [0038]-[0042], fig. 21, 25 & US 2016/0211709 A1, paragraphs [0038]-[0042], fig. 21, 25	1-3, 8, 10-14 4-7, 9
Y A	JP 2004-346757 A (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 09 December 2004, paragraphs [0029]-[0060], fig. 1-6 (Family: none)	13-14 4-7, 9



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
22.08.2018

Date of mailing of the international search report
04.09.2018

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/023964

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015/045027 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 02 April 2015, paragraphs [0015]-[0049], fig. 1-8 & US 2016/0181877 A1, paragraphs [0028]-[0066], fig. 1-8	4-7, 9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02K1/27 (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. H02K1/27

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
Y A	JP 2012-244783 A（三菱電機株式会社）2012.12.10, 段落 [0012]-[0055]、図20（ファミリーなし）	1-3, 8, 10-14 4-7, 9
Y A	WO 2015/045999 A1（三菱電機株式会社）2015.04.02, 段落 [0038]-[0042]、図21、25 & US 2016/0211709 A1, 段落[0038]-[0042]、 図21、25	1-3, 8, 10-14 4-7, 9
Y A	JP 2004-346757 A（ダイキン工業株式会社）2004.12.09, 段落 [0029]-[0060]、図1-6（ファミリーなし）	13-14 4-7, 9

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

22.08.2018

国際調査報告の発送日

04.09.2018

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）

樋口 幸太郎

3V

5561

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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	WO 2015/045027 A1 (三菱電機株式会社) 2015.04.02, 段落 [0015]-[0049]、図 1-8 & US 2016/0181877 A1, 段落[0028]-[0066]、 図 1-8	4-7, 9