

(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
2023年8月10日(10.08.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/148844 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 1/22 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/004069

(22) 国際出願日: 2022年2月2日(02.02.2022)

(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: 廣澤 勇二 (HIROSAWA Yuji); 〒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). 矢部 浩二 (YABE Koji); 〒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). 東 優樹 (HIGASHI Yuki); 〒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: 山形 洋一, 外 (YAMAGATA Yoichi 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 山形・佐藤特許事務所 Tokyo (JP).

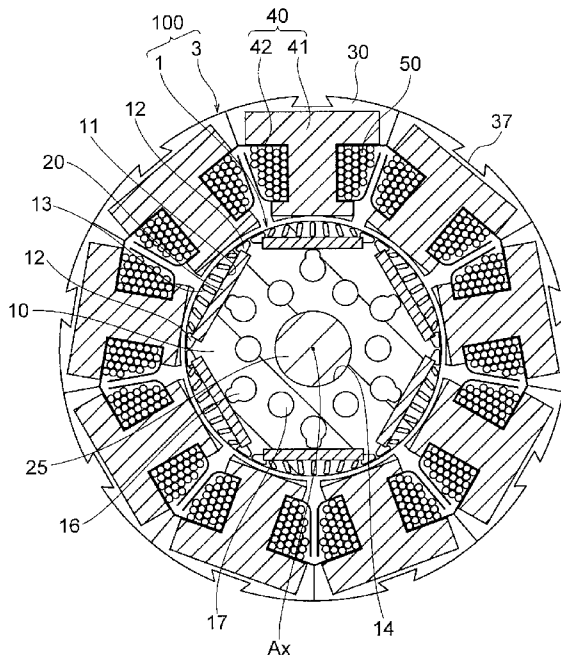
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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,

(54) Title: ELECTRIC MOTOR, COMPRESSOR, AND REFRIGERATION CYCLE DEVICE

(54) 発明の名称: 電動機、圧縮機および冷凍サイクル装置

[図1]



(57) Abstract: This electric motor is disposed within a compressor and used together with a refrigerant including a substance having a property of causing a disproportionation reaction. The electric motor comprises: an annular rotor core about the axis; a rotor having a permanent magnet attached to the rotor core; a stator core that surrounds the rotor core from the outside in the radial direction centered on the axis; and a stator having a coil wound around the stator core. The permanent magnet is formed of a ferrite magnet.

(57) 要約: 電動機は、圧縮機内に配置され、不均化反応を生じる性質の物質を含む冷媒と共に用いられる電動機であって、軸線を中心とする環状のロータコアと、ロータコアに取り付けられる永久磁石とを有するロータと、軸線を中心とする径方向の外側からロータコアを囲むステータコアと、ステータコアに巻かれたコイルとを有するステータとを備える。永久磁石はフェライト磁石で構成されている。

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)）

明 細 書

発明の名称：電動機、圧縮機および冷凍サイクル装置

技術分野

[0001] 本開示は、電動機、圧縮機および冷凍サイクル装置に関する。

背景技術

[0002] 圧縮機では、不均化反応を生じる性質の物質を含む冷媒が用いられる場合がある（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：国際公開WO2021／009862（要約参照）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記のような冷媒は、高圧、高温の条件下で着火エネルギーが与えられると、不均化反応を生じる可能性がある。圧縮機内の圧力と温度には相間関係があり、圧力が高いほど温度も高くなる。圧縮機が高圧、高温の運転条件で運転している場合に、不均化反応が最も発生しやすい。不均化反応は、圧縮機のシリンダ等の故障の原因となる。

[0005] ここで、圧縮機が高圧、高温の運転条件で運転中に電動機の制御精度が低下すると、想定していない瞬間的な圧力上昇が生じる可能性があり、不均化反応の発生確率が上昇する。そのため、高圧、高温環境での電動機の制御精度の低下を抑制することが望まれる。

[0006] 本開示は、上記の課題を解決するためになされたものであり、冷媒の不均化反応の発生を抑え、これにより圧縮機の故障の発生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

[0007] 本開示の電動機は、圧縮機内に配置され、不均化反応を生じる性質の物質を含む冷媒と共に用いられる電動機であって、軸線を中心とする環状のロー

タコアと、ロータコアに取り付けられる永久磁石とを有するロータと、軸線を中心とする径方向の外側からロータコアを囲むステータコアと、ステータコアに巻かれたコイルとを有するステータとを備える。永久磁石はフェライト磁石で構成されている。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、永久磁石がフェライト磁石で構成されているため、高圧、高温環境での永久磁石の不可逆減磁を抑制し、これにより電動機の制御精度の低下を抑制し、出力を安定させることができる。その結果、冷媒の不均化反応の発生を抑え、圧縮機の故障の発生を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [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のロータを示す断面図である。

[図3]実施の形態1のステータを示す図である。

[図4]実施の形態1のステータの第1コア部を示す断面図である。

[図5]実施の形態1のステータの第2コア部を示す断面図である。

[図6]実施の形態1のステータコアを示す斜視図（A）、ステータコアおよびインシュレータを示す斜視図（B）、並びに、ステータコア、インシュレータおよび絶縁フィルムを示す斜視図（C）である。

[図7]実施の形態1のティースにコイルを巻き付けた状態を示す断面図（A）、および比較例のティースにコイルを巻き付けた状態を示す断面図（B）である。

[図8]実施の形態1のステータコアを構成する分割コアの例を示す平面図（A）、（B）である。

[図9]実施の形態1のティースへのコイルの巻き付け方法を示す模式図である。

[図10]実施の形態1のティースへのコイルの巻き付け状態を示す断面図である。

[図11]実施の形態1のティースへのコイルの巻き付け状態を示す側面図（A）

）およびコイルの整列巻きを示す図（B）である。

[図12]実施の形態1の圧縮機を示す断面図である。

[図13]実施の形態1の冷凍サイクル装置を示す図である。

[図14]実施の形態1の電動機の駆動装置を示すブロック図である。

[図15]変形例のロータを示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 実施の形態1.

<電動機の構成>

図1は、実施の形態1における電動機100を示す断面図である。図1に示す電動機100は、例えば、冷凍サイクル装置の圧縮機500（図12）に用いられる。また、電動機100は、不均化反応を生じる物質を含む冷媒と共に用いられる。

[0011] 電動機100は、ロータ1と、ロータ1を囲むように設けられたステータ3とを有する。ステータ3とロータ1との間には、例えば0.3～1.0mmのエアギャップが形成されている。ステータ3は、圧縮機500（図12）の円筒状のシェル55の内側に組み込まれている。

[0012] 以下では、ロータ1の回転中心軸である軸線Axの方向を「軸方向」とする。軸線Axを中心とする径方向を「径方向」とする。軸線Axを中心とする周方向を「周方向」とする。

[0013] <ロータの構成>

図2は、ロータ1を示す断面図である。ロータ1は、軸線Axを中心とする環状のロータコア10と、ロータコア10に埋め込まれた永久磁石20とを有する。ロータコア10は、軸方向に積層された電磁鋼板で構成される。電磁鋼板は、例えばカシメにより固定される。電磁鋼板の板厚は、例えば0.1～0.7mmである。

[0014] ロータコア10の径方向中心には中心孔14が形成されている。ロータコア10の中心孔14には、回転軸であるシャフト25が焼嵌めまたは圧入等により固定されている。

- [0015] ロータコア10の外周に沿って、複数の磁石挿入孔11が形成されている。各磁石挿入孔11には、永久磁石20が1つずつ挿入されている。1つの磁石挿入孔11は1磁極に相当する。ロータコア10は6つの磁石挿入孔11を有するため、ロータ1の極数は6である。但し、ロータ1の極数は6に限定されるものではなく、2以上であればよい。
- [0016] 磁石挿入孔11の周方向中心は、極中心Pに相当する。極中心Pを通る径方向の直線は、磁極中心線と称する。隣り合う磁石挿入孔11の間には、極間部Mが形成される。
- [0017] 永久磁石20は平板状であり、外周側に第1面20aを有し、内周側に第2面20bを有する。第1面20aおよび第2面20bはいずれも、磁極中心線に直交する平面である。永久磁石20は、磁極中心線の方に厚さを有し、これに直交する方向に幅を有する。永久磁石20の厚さは、永久磁石20の幅に亘って一定である。
- [0018] 永久磁石20は、フェライト磁石で構成されている。フェライト磁石には、粉末冶金法で形成されるフェライト焼結磁石と、磁性粉とバインダ樹脂とを混合して形成されるフェライトボンド磁石がある。ここではフェライト焼結磁石を用いるが、フェライトボンド磁石を用いてもよい。
- [0019] 電動機100は圧縮機500内において例えば150℃の高温で使用されるが、フェライト磁石はこのような高温での保磁力が希土類磁石よりも高い。すなわち、フェライト磁石は、圧縮機500内の高温環境下で不可逆減磁しにくい。
- [0020] また、フェライト磁石には、結晶粒の磁化容易方向が揃っている異方性のフェライト磁石と、磁化容易方向がランダムな等方性のフェライト磁石とがある。異方性のフェライト磁石は、高温よりも低温で不可逆減磁しやすい。一方、等方性のフェライト磁石は、異方性のフェライト磁石と比較すると、低温よりも高温で不可逆減磁しやすい。
- [0021] すなわち、圧縮機500内の高圧、高温環境での不可逆減磁の抑制という観点から、希土類磁石よりもフェライト磁石が望ましく、中でも異方性のフ

ェライト磁石が最も望ましい。

[0022] フェライト磁石は、酸化鉄 (Fe_2O_3) を主成分とし、さらにランタン (L a) およびコバルト (C o) を含有することが望ましい。L a および C o を含有するフェライト磁石は、残留磁束密度および保磁力が高いため、永久磁石 2 0 の磁力が増大し、また高温で不可逆減磁しにくい。

[0023] 永久磁石 2 0 は、その厚さ方向に着磁されている。隣り合う磁石挿入孔 1 1 に挿入された永久磁石 2 0 は、径方向外側に互いに反対極性の磁極面を有する。なお、各磁石挿入孔 1 1 には、ここでは 1 つの永久磁石 2 0 が挿入されているが、2 つ以上の永久磁石 2 0 が挿入されていてもよい。また、磁石挿入孔 1 1 は、ここでは磁極中心線に直交する方向に直線状に延在しているが、例えば V 字状に延在してもよい。

[0024] 磁石挿入孔 1 1 は、その周方向両端に、空隙部であるフラックスバリア 1 2 を有する。フラックスバリア 1 2 とロータコア 1 0 の外周との間には、薄肉部が形成される。隣り合う磁極間の磁束漏れを抑制するため、薄肉部の径方向の幅は電磁鋼板の板厚と同じに設定されている。

[0025] ロータコア 1 0 において各磁石挿入孔 1 1 の外周側には、径方向に長い複数のスリット 1 3 が形成されている。各スリット 1 3 は、ロータコア 1 0 の外周部分における磁束分布を正弦波に近づける作用を奏する。ここでは、7 つのスリット 1 3 が極中心 P に対して対称に形成されている。但し、スリット 1 3 の数および配置は任意である。また、ロータコア 1 0 には、必ずしもスリット 1 3 を形成しなくてもよい。

[0026] ロータコア 1 0 において各磁石挿入孔 1 1 の径方向内側には、貫通穴 1 6 , 1 7 が形成されている。貫通穴 1 6 , 1 7 は、冷媒を軸方向に通過させる冷媒流路を構成する。貫通穴 1 6 の周方向位置は極中心 P と一致し、貫通穴 1 7 の周方向位置は極間部 M と一致している。但し、貫通穴 1 6 , 1 7 の位置はこれらに限定されるものではない。

[0027] <ステータの構成>

図 1 に示すように、ステータ 3 は、ステータコア 3 0 と、ステータコア 3

０に取り付けられた絶縁部４０と、絶縁部４０を介してステータコア３０に巻き付けられたコイル５０とを有する。

[0028] ステータコア３０は、軸方向に積層された電磁鋼板で構成される。電磁鋼板は、例えばカシメにより固定される。電磁鋼板の板厚は、例えば０．１～０．７ｍｍである。絶縁部４０は、ステータコア３０の軸方向端面に取り付けられたインシュレータ４１と、スロット３３の内面に取り付けられた絶縁フィルム４２とを有する。

[0029] 図３は、ステータ３を示す断面図である。図３に示すように、ステータコア３０は、軸線Ａ×を中心とする環状のヨーク３１と、ヨーク３１から径方向内側に延在する複数のティース３２とを有する。ヨーク３１の外周は、圧縮機５００のシェル５５（図１２）の内周に固定されている。

[0030] ティース３２は、周方向に一定間隔で形成されている。ティース３２の数は、ここでは９であるが、２以上であればよい。ティース３２は、ロータ１に対向する歯先部３２ｆを有する。歯先部３２ｆは、ティース３２の他の部分よりも幅が広い。隣り合うティース３２の間には、コイル５０を収容するスロット３３が形成される。

[0031] スロット３３の内面には、絶縁フィルム４２が取り付けられている。また、ティース３２の軸方向の両端面には、インシュレータ４１（図１）が取り付けられている。ティース３２には、インシュレータ４１および絶縁フィルム４２を介して、コイル５０が巻き付けられる。

[0032] コイル５０は、アルミニウム線または銅線で構成されるが、アルミニウム線が望ましい。アルミニウム線は、アルミニウムで構成された導体を絶縁被膜で覆ったものである。アルミニウム線は、銅線よりも柔らかいため、ティース３２に絶縁部４０を介して密着するように巻き付けやすいという利点がある。コイル５０の線径は、例えば１．０ｍｍである。コイル５０は、各ティース３２に、突極集中巻により例えば８０ターン巻かれている。

[0033] ヨーク３１には、ステータコア３０を構成する電磁鋼板を一体に固定するカシメ部３６が形成されている。カシメ部３６は、例えば、ティース３２の

中心を通る径方向の直線に対して周方向両側に形成されている。

[0034] ヨーク 31 には、インシュレータ 41 に形成された突起部が嵌合する嵌合穴 38 が形成されている。嵌合穴 38 は、カシメ部 36 よりも径方向内側で、且つティース 32 の中心を通る径方向の直線上に形成されている。なお、カシメ部 36 および嵌合穴 38 の数および配置は任意である。

[0035] ステータコア 30 は、焼嵌めまたは圧入により、圧縮機 500 のシェル 55 (図 12) の内側に嵌合する。ヨーク 31 の外周には、凹部 37 が形成されている。凹部 37 は、圧縮機 500 のシェル 55 との間で冷媒通路を形成する。凹部 37 は、ティース 32 の中心を通る径方向の直線上に形成されているが、この位置には限定されない。

[0036] ステータコア 30 は、ティース 32 毎に複数の分割コア 35 が周方向に連結された構成を有する。分割コア 35 の数は、例えば 9 である。これらの分割コア 35 は、ヨーク 31 に形成された分割面 34 で連結されている。分割コア 35 は、分割面 34 で互いに溶接されていてもよく、また、分割面 34 の外周に形成された薄肉部で互いに連結されていてもよい。

[0037] ステータコア 30 は、後述する図 6 (A) に示すように、軸方向中央部に位置する第 1 コア部 30a と、軸方向端部に位置する第 2 コア部 30b とを有する。なお、第 2 コア部 30b は、ステータコア 30 の軸方向両端部に限らず、軸方向の少なくとも一端部に設けられていればよい。

[0038] 図 4 は、ステータコア 30 の第 1 コア部 30a を示す断面図である。ステータコア 30 の第 1 コア部 30a では、ヨーク 31 はスロット 33 に面する内周 31a を有し、ティース 32 はスロット 33 に面する側面 32a を有する。第 1 コア部 30a におけるヨーク 31 の径方向の幅は H1 であり、ティース 32 の周方向の幅は W1 である。

[0039] なお、第 1 コア部 30a のヨーク 31 の径方向の幅 H1 は、ヨーク 31 の外周と内周 31a との径方向の距離である。第 1 コア部 30a のティース 32 の周方向の幅 W1 は、ティース 32 の 2 つの側面 32a の周方向の距離である。

- [0040] 図5は、ステータコア30の第2コア部30bを示す断面図である。ステータコア30の第2コア部30bでは、ヨーク31はスロット33に面する内周31bを有し、ティース32はスロット33に面する側面32bを有する。第2コア部30bにおけるヨーク31の径方向の幅は H_2 であり、ティース32の周方向の幅は W_2 である。
- [0041] なお、第2コア部30bのヨーク31の径方向の幅 H_2 は、ヨーク31の外周と内周31bとの径方向の距離である。第2コア部30bのティース32の周方向の幅 W_2 は、ティース32の2つの側面32bの周方向の距離である。
- [0042] 第2コア部30bのヨーク31の内周31b（図5）は、第1コア部30aのヨーク31の内周31a（図4）よりも径方向外側に変位した位置にある。第2コア部30bのティース32の側面32bは、第1コア部30aのティース32の側面32aよりも幅方向内側に変位した位置にある。
- [0043] すなわち、第2コア部30bにおけるヨーク31の幅 H_2 は第1コア部30aにおけるヨーク31の幅 H_1 よりも狭く（すなわち $H_1 > H_2$ ）、第2コア部30bにおけるティース32の幅 W_2 は第1コア部30aにおけるティース32の幅 W_1 よりも狭い（すなわち $W_1 > W_2$ ）。なお、ヨーク31の外周は、第1コア部30aと第2コア部30bとで同じ径方向位置にある。
- [0044] このように構成されているため、第2コア部30bにおけるスロット33の面積 A_2 は、第1コア部30aにおけるスロット33の面積 A_1 よりも大きい（ $A_1 < A_2$ ）。
- [0045] ここではティース32の幅 W_1 、 W_2 が $W_1 > W_2$ を満足し、且つヨーク31の幅 H_1 、 T_2 が $T_1 > T_2$ を満足しているが、少なくともティース32の幅 W_1 、 W_2 が $W_1 > W_2$ を満足していればよい。
- [0046] 言い換えると、第2コア部30bのティース32の側面32b（図5）が、第1コア部30aのティース32の側面32a（図4）に対して、ティース32の幅方向内側に変位した位置にあればよい。

- [0047] 加えて、第2コア部30bの歯先部32fのスロット33側の面である対向面32d（図5）を、第1コア部30aの歯先部32fの対向面32c（図4）に対して径方向内側に変位した位置に形成することが望ましい。
- [0048] 図6（A）は、ステータコア30の分割コア35を示す斜視図である。第1コア部30aのティース32の側面32aと第2コア部30bのティース32の側面32bとの間には、段差部が形成される。
- [0049] また、第1コア部30aのヨーク31の内周31aと第2コア部30bのヨーク31の内周31bとの間にも、段差部が形成される。第1コア部30aの歯先部32fの対向面32cと第2コア部30bの歯先部32fの対向面32dとの間にも、段差部が形成される。
- [0050] ステータコア30に形成されたこれらの段差部に、インシュレータ41が係合する。
- [0051] 図6（B）は、分割コア35にインシュレータ41を取り付けた状態を示す斜視図である。インシュレータ41は、分割コア35の軸方向の両端部、すなわち第2コア部30b（図6（A））に取り付けられる。
- [0052] インシュレータ41は、PBT（ポリブチレンテレフタレート）等の樹脂で構成される。また、インシュレータ41は、ステータコア30に形成された嵌合穴38（図4）に係合する図示しない突起部を有している。
- [0053] 各インシュレータ41は、ヨーク31上に位置する壁部41aと、ティース32上に位置する胴部41bと、ティース32の歯先部32f上に位置するフランジ部41cとを有する。フランジ部41cと壁部41aとは、胴部41bを挟んで径方向に対向している。
- [0054] 胴部41bには、コイル50が巻き付けられる。壁部41aおよびフランジ部41cは、胴部41bに巻き付けられたコイル50を径方向両側からガイドする。壁部41aおよびフランジ部41cには、胴部41bに巻き付けられるコイル50を位置決めする段付部を設けてもよい。
- [0055] 図6（C）は、ステータコア30にインシュレータ41および絶縁フィルム42を取り付けた状態を示す斜視図である。第2コア部30bのスロット

33の内面には、絶縁フィルム42が取り付けられている。

[0056] 絶縁フィルム42は、第1コア部30aのヨーク31の内周31aと、ティース32の側面32aと、歯先部32fの対向面32c（いずれも図6（B））とを覆っている。絶縁フィルム42は、例えばPET（ポリエチレンテレフタレート）等の樹脂で構成される。絶縁フィルム42の厚さは、例えば0.35～0.4mmである。

[0057] 図7（A）は、実施の形態1のティース32にコイル50を巻き付けた状態を示す、ティース32の延在方向に直交する面における断面図である。図7（A）に示すように、インシュレータ41の胴部41bは、ティース32の軸方向の端面32eを覆い、側面32bの両側の段差部に嵌合するように取り付けられる。

[0058] ティース32は、当該ティース32の延在方向に直交する断面において、端面32eと側面32bとの間の角部C1、および段差部と側面32aとの間の角部C2を有する。インシュレータ41は、これらの角部C1、C2を覆う湾曲形状の角部41eを有する。角部41eは角部C1、C2を覆うように延在するため、角部41eの曲率半径を大きくすることができる。

[0059] インシュレータ41の角部41eの曲率半径が大きく、また、ティース32のスロット33側に絶縁フィルム42が設けられているため、コイル50とインシュレータ41および絶縁フィルム42に隙間なく密着させることができる。

[0060] 図7（B）は、比較例のティース32にコイル50を巻き付けた状態を示す、ティース32の延在方向に直交する面における断面図である。図7（B）に示すように、比較例のティース32は矩形状の断面を有し、段差部を有さない。インシュレータ43は、ティース32を周方向両側および軸方向両側から囲むように取り付けられる。

[0061] 比較例では、インシュレータ43の角部43aがティース32の1つの角部C3に対向するため、破線で示すように角部43aの曲率半径を大きくすると、角部43aと角部C3との間に絶縁に必要な距離を確保することが難

しくなる。そのため、インシュレータ４３の角部４３aの曲率半径は小さく設定される。

[0062] インシュレータ４３の角部４３aの曲率半径を小さくすると、コイル５０とインシュレータ４３の側面との間に隙間Ｂが生じ、コイル５０をインシュレータ４３に密着させることが難しい。

[0063] このように実施の形態１ではステータコア３０のティース３２の幅が第１コア部３０aよりも第２コア部３０bで狭く、ティース３２の軸方向両端部に段差部が形成される。そのため、コイル５０を、絶縁部４０を介してティース３２に密着させて巻き付けることができる。これにより、後述するようにコイル５０に鎖交する磁束の変動を抑制し、電動機１００の出力変動を抑制することが可能になる。

[0064] 図８（Ａ）は、ステータコア３０を直線状に広げた状態を示す図である。図８（Ａ）に示した例では、隣り合う分割コア３５は、分割面３４の外周側に設けられた連結部３４aで互いに連結されている。連結部３４aは、塑性変形可能な薄肉部、あるいはカシメ部である。

[0065] ステータ３を形成する際には、ステータコア３０を直線状に広げた状態で、各分割コア３５にインシュレータ４１（図６（Ｂ））および絶縁フィルム４２（図６（Ｃ））を取り付け、これらを介してティース３２にコイル５０を巻き付ける。

[0066] ステータコア３０を直線状に広げているため、巻き付けに使用される巻線ノズルをステータコア３０に干渉させずに比較的自由に移動させることができ、より高密度にコイル５０を巻き付けることができる。

[0067] 各分割コア３５のティース３２にコイル５０を巻き付けた後、ステータコア３０を環状に折り曲げて、ステータコア３０の両端（図３に符号Ｗで示す）を溶接することにより、図３に示したステータ３が得られる。

[0068] 図８（Ｂ）は、ステータコア３０の他の例を示す図である。図８（Ｂ）に示した例では、ステータコア３０を構成する分割コア３５は、互いに連結されていない。これらの分割コア３５は、分割面３４で互いに溶接されること

により一体化する。

[0069] この場合も、各分割コア35にインシュレータ41（図6（B））および絶縁フィルム42（図6（C））を取り付け、これらを介してティース32にコイル50を高密度に巻き付けることができる。その後、各分割コア35を分割面34で互いに溶接することにより、図3に示したステータ3が得られる。

[0070] 図9は、実施の形態1のコイル50の巻き付け方法を示す模式図である。この図9は、インシュレータ41を軸方向の一方の側から見た図である。図9には、周方向を矢印Cで示す。コイル50は、上記の通り、ティース32に取り付けられたインシュレータ41の胴部41bに巻かれる。

[0071] コイル50の1層目は、矢印B1で示すように、インシュレータ41のフランジ部41cから壁部41aに向けて巻き付けられる。また、コイル50の2層目は、矢印B2で示すように、インシュレータ41の壁部41aからフランジ部41cに向けて巻き付けられる。なお、矢印B1、B2の方向は、逆であってもよい。

[0072] 図10は、実施の形態1のコイル50の巻き付けパターンを示す、軸方向に直交する面における断面図である。図10には、周方向を矢印Cで示し、径方向を矢印Rで示す。また、コイル50の1層目、2層目、3層目、4層目を、それぞれ符号L1、L2、L3、L4で示す。

[0073] コイル50の各層のコイル線は、径方向に隙間なく並べられる。すなわち、第1層L1を構成するコイル線51同士は平行に延在し、第2層L2を構成するコイル線52同士も平行に延在する。

[0074] 但し、ティース32の軸方向の一方の端面32e上では、第2層L2のコイル線52が、第1層L1のコイル線51に対して傾斜して延在する。すなわち、ティース32の端面32e上には、第1層L1のコイル線51と第2層L2のコイル線52とが交差するクロスポイントAが位置する。

[0075] コイル50の奇数層（例えば第3層L3）のコイル線は、第1層L1のコイル線51と平行に延在する。コイル50の偶数層（例えば第4層L4）の

コイル線は、第2層L2のコイル線52と平行に延在する。そのため、Nを整数とすると、第N層のコイル線と、第N+1層のコイル線とが、ティース32の端面32e上で交差する。

[0076] 図11(A)には、コイル50をスロット33側から見た側面図である。スロット33内では、コイル50の各層のコイル線は、いずれも軸線Axと平行な方向(矢印Zで示す)に延在している。すなわち、スロット33内では、コイル50の全てのコイル線が平行に延在し、クロスポイントは存在しない。

[0077] 図11(B)は、スロット33内に位置するコイル50の積層状態を示す模式図である。スロット33内では、第N+1層の1つのコイル線が、第N層の2つのコイル線に接するように、コイル50が積層される。例えば、第3層L3の1つのコイル線53は、第2層L2の2つのコイル線52に接する。

[0078] 言い換えると、第N+1層の1つのコイル線の中心と、第N層の2つのコイル線の中心とが、正三角形をなすように、コイル50が積層される。例えば、第3層L3の1つのコイル線53の中心と、第2層L2の2つのコイル線52の中心とは、正三角形をなす。

[0079] このような巻き付け方式を、整列巻きと称する。整列巻きでは、コイル50を構成するコイル線の間隙が小さく、コイル50が最も高密度で巻き付けられる。また、コイル50を整列巻きで巻き付けることにより、スロット33におけるコイル50の占積率が向上する。

[0080] 一方、上述したクロスポイントA(図10)では、図11(B)に示すように、第N層の1つのコイル線上に第N+1層の1つのコイル線が重なる。例えば、第3層L3の1つのコイル線53は、第2層L2のコイル線52のうちの1つのみに接する。クロスポイントAでは、コイル50を構成するコイル線の間隙が広がり、コイル50の配設密度が低下する。

[0081] 一般に、クロスポイントAのような一部分を除き、コイル50の第N+1層の1つのコイル線が第N層の2つのコイル線に接するように巻かれていれ

ば（図 1 1（B）参照）、整列巻きと呼ぶことができる。

[0082] ティース 3 2 は、上記の通り端面 3 2 e および側面 3 2 a, 3 2 b を有しており、側面 3 2 a, 3 2 b の軸方向長さは端面 3 2 e の周方向幅よりも長い。そのため、ティース 3 2 の端面 3 2 e は短辺とも呼ばれ、側面 3 2 a, 3 2 b は長辺とも呼ばれる。

[0083] コイル 5 0 のクロスポイント A がティース 3 2 の端面 3 2 e 上に位置する巻き付け方式を、短辺クロス巻きと称する。これに対し、コイル 5 0 のクロスポイント A がティース 3 2 の側面 3 2 a 上に位置する巻き付け方式を、長辺クロス巻きと称する。この実施の形態 1 のコイル 5 0 の巻き付け方式は、短辺クロス巻きである。

[0084] クロスポイント A ではコイル 5 0 の配設密度が低下するため、クロスポイント A をティース 3 2 の端面 3 2 e 上に配置することで、コイル 5 0 をティース 3 2 に絶縁部 4 0 を介して密着させ、また高密度に巻き付けることができる。

[0085] <圧縮機の構成>

図 1 2 は、電動機 1 0 0 を備えた圧縮機 5 0 0 を示す縦断面図である。圧縮機 5 0 0 は、ここではロータリ圧縮機であり、冷凍サイクル装置 4 0 0（図 1 3）に用いられる。なお、圧縮機 5 0 0 はロータリ圧縮機に限らず、例えばスクロール圧縮機であってもよい。

[0086] 圧縮機 5 0 0 は、圧縮機構 5 0 1 と、圧縮機構 5 0 1 を駆動する電動機 1 0 0 と、圧縮機構 5 0 1 と電動機 1 0 0 とを連結するシャフト 2 5 と、これらを収容する密閉容器 5 0 7 とを備える。ここでは、シャフト 2 5 の軸方向は鉛直方向であり、電動機 1 0 0 は圧縮機構 5 0 1 に対して上方に配置されている。

[0087] 密閉容器 5 0 7 は、鋼板で形成された容器であり、円筒状のシェル 5 5 と、シェル 5 5 の上側を覆う容器上部と、シェル 5 5 の下側を覆う容器底部とを有する。電動機 1 0 0 のステータ 3 は、焼き嵌め、圧入または溶接等により、シェル 5 5 の内側に組み込まれている。

- [0088] 密閉容器 507 の容器上部には、冷媒を外部に吐出する吐出管 512 と、電動機 100 に電力を供給するための端子 511 とが設けられている。また、密閉容器 507 の外部には、冷媒ガスを貯蔵するアキュムレータ 510 が取り付けられている。密閉容器 507 の容器底部には、圧縮機構 501 の軸受部を潤滑する冷凍機油が貯留されている。
- [0089] 圧縮機構 501 は、シリンダ室 503 を有するシリンダ 502 と、シャフト 25 に固定されたローリングピストン 504 と、シリンダ室 503 の内部を吸入側と圧縮側に分けるベーンと、シリンダ室 503 の軸方向両端部を閉鎖する上部フレーム 505 および下部フレーム 506 とを有する。
- [0090] 上部フレーム 505 および下部フレーム 506 は、いずれも、シャフト 25 を回転可能に支持する軸受部を有する。上部フレーム 505 および下部フレーム 506 には、上部吐出マフラ 508 および下部吐出マフラ 509 がそれぞれ取り付けられている。
- [0091] シリンダ 502 は、軸線 A x を中心とする円筒状のシリンダ室 503 を有する。シリンダ室 503 の内部には、シャフト 25 の偏心軸部 25 a が位置している。偏心軸部 25 a は、軸線 A x に対して偏心した中心を有する。偏心軸部 25 a の外周には、ローリングピストン 504 が嵌合している。電動機 100 が回転すると、偏心軸部 25 a およびローリングピストン 504 がシリンダ室 503 内で偏心回転する。
- [0092] シリンダ 502 は、また、シリンダ室 503 内に冷媒ガスを吸入する吸入口 515 を有する。吸入口 515 には、アキュムレータ 510 につながる吸入管 513 が連結されている。吸入管 513 を介してアキュムレータ 510 からシリンダ室 503 に冷媒ガスが供給される。
- [0093] 圧縮機 500 には、冷凍サイクル装置 400 (図 13) の冷媒回路から低圧の冷媒ガスと液冷媒とが混在して供給される。アキュムレータ 510 では液冷媒と冷媒ガスとが分離され、冷媒ガスのみが圧縮機構 501 に供給される。
- [0094] 圧縮機 500 の動作は、以下の通りである。端子 511 からステータ 3 の

コイル50に電流が供給されると、電流によって生じる回転磁界とロータ1の永久磁石20の磁界とにより、ステータ3とロータ1との間に吸引力および反発力が発生し、ロータ1が回転する。これに伴い、ロータ1に固定されたシャフト25も回転する。

[0095] 圧縮機構501のシリンダ室503には、吸入口515を介してアキュムレータ510から低圧の冷媒ガスが吸入される。シリンダ室503内では、シャフト25の偏心軸部25aとこれに取り付けられたローリングピストン504が偏心回転し、シリンダ室503内で冷媒を圧縮する。

[0096] シリンダ室503で圧縮された冷媒は、図示しない吐出口および吐出マフラ508、509を通して密閉容器507内に吐出される。密閉容器507内に吐出された冷媒は、ロータコア10の貫通穴16、17（図2）およびステータコア30の凹部37（図3）等を通して上昇し、吐出管512から吐出され、冷凍サイクル装置400（図13）の冷媒回路に送り出される。

[0097] 圧縮機500の冷媒としては、不均化反応を生じる物質を含む冷媒を用いる。また、地球温暖化防止の観点からは、GWP（地球温暖化係数）の低い冷媒が望ましい。

[0098] 具体的には、R1234yf、R1234ze（E）、R448A、R449A、R452A、R452B、R454A、R454B、R454C、R463A、R513A、およびR515Bのうちの少なくとも1つを用いることが望ましい。

[0099] これらの冷媒のうち、R1234yfは、化学式が $\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHF}$ （2，3，3，3-テトラフルオロプロペン）で表され、GWPは1である。R1234ze（E）は、化学式が $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ （1，3，3，3-テトラフルオロプロペン）で表され、GWPは1である。他の冷媒は、混合冷媒である。

[0100] 具体的には、R448Aは、R32とR125とR1234yfとR134aとR1234ze（E）とを、26.0：26.0：20.0：21.0：7.0の重量比で混合したものである。なお、R32の化学式は CH_2F

₂（ジフルオロメタン）であり、R 1 2 5の化学式は CHF_2CF_3 （ペンタフルオロエタン）であり、R 1 3 4 aの化学式は CH_2FCF_3 である（テトラフルオロエタン）。

[0101] R 4 4 9 Aは、R 3 2とR 1 2 5とR 1 2 3 4 y fとR 1 3 4 aとを、24.3 : 24.7 : 25.3 : 25.7の重量比で混合したものである。

[0102] R 4 5 2 Aは、R 3 2とR 1 2 5とR 1 2 3 4 y fとを、11.0 : 59.0 : 30.0の重量比で混合したものである。

[0103] R 4 5 2 Bは、R 3 2とR 1 2 5とR 1 2 3 4 y fとを、67.0 : 7.0 : 26.0の重量比で混合したものである。

[0104] R 4 5 4 Aは、R 3 2とR 1 2 3 4 y fとを、35.0 : 65.0の重量比で混合したものである。

[0105] R 4 5 4 Bは、R 3 2とR 1 2 3 4 y fとを、68.9 : 31.1の重量比で混合したものである。

[0106] R 4 5 4 Cは、R 3 2とR 1 2 3 4 y fとを、21.5 : 78.5の重量比で混合したものである。

[0107] R 4 6 3 Aは、R 7 4 4とR 3 2とR 1 2 5とR 1 2 3 4 y fとR 1 3 4 aとを、6.0 : 36.0 : 30.0 : 14.0 : 14.0の重量比で混合したものである。なお、R 7 4 4の化学式は CO_2 （二酸化炭素）である。

[0108] R 5 1 3 Aは、R 1 2 3 4 y fとR 1 3 4 aとを、56.0 : 44.0の重量比で混合したものである。

[0109] R 5 1 3 Bは、R 1 2 3 4 y fとR 1 3 4 aとを、58.5 : 41.5の重量比で混合したものである。

[0110] これらの冷媒を用いることで、地球温暖化防止の要請に応えながら、圧縮機500の運転能力を向上することができる。

[0111] 但し、これらの冷媒を用いた場合、圧縮機500内の圧力上昇によって不均化反応を生じる可能性がある。実施の形態1の圧縮機500では、後述するように永久磁石20の不可逆減磁の抑制等によって電動機100の制御精度の低下を抑え、安定した出力を実現しているため、上記の各冷媒を使用し

た場合であっても不均化反応の発生を抑制することができる。

[0112] <冷凍サイクル装置>

図13は、図12に示した圧縮機500を備えた冷凍サイクル装置400を示す図である。冷凍サイクル装置400は、ここでは空気調和装置である。但し、冷凍サイクル装置400は空気調和装置に限らず、例えば冷蔵庫等であってもよい。

[0113] 冷凍サイクル装置400は、圧縮機500と、切り替え弁としての四方弁401と、冷媒を凝縮する凝縮器402と、冷媒を減圧する減圧装置403と、冷媒を蒸発させる蒸発器404とを備える。圧縮機500、凝縮器402、減圧装置403および蒸発器404は、冷媒配管407によって連結され、冷媒回路を構成する。

[0114] 冷凍サイクル装置400が空気調和装置の場合には、凝縮器402、減圧装置403および蒸発器404は室外機410に配置され、蒸発器404は室内機411に配置される。室外機410には室外送風機405が配置され、室内機411には室内送風機406が配置される。

[0115] 冷凍サイクル装置400の動作は、次の通りである。圧縮機500は、吸入した冷媒を圧縮して高温高压の冷媒ガスとして送り出す。四方弁401は、冷媒の流れ方向を切り替えるものであるが、冷房運転時には、図13に実線で示すように、圧縮機500からの冷媒を凝縮器402に送り出す。

[0116] 凝縮器402は、圧縮機500から送り出された冷媒と、室外送風機405により送られた室外空気との熱交換を行い、冷媒を凝縮して液冷媒として送り出す。減圧装置403は、凝縮器402から送り出された液冷媒を膨張させて、低温低压の液冷媒として送り出す。

[0117] 蒸発器404は、減圧装置403から送り出された低温低压の液冷媒と室内空気との熱交換を行い、冷媒を蒸発させ、冷媒ガスとして送り出す。蒸発器404で熱が奪われた空気は、室内送風機406により室内に供給される。

[0118] なお、暖房運転時には、四方弁401が、図13に破線で示すように、圧

縮機 500 からの冷媒を蒸発器 404 に送り出す。この場合、蒸発器 404 が凝縮器として機能し、凝縮器 402 が蒸発器として機能する。

[0119] <駆動装置>

図 14 は、電動機 100 を駆動する駆動装置 80 を示すブロック図である。駆動装置 80 は、図 13 に示した冷凍サイクル装置 400 に搭載された駆動回路である。図 14 に示すように、駆動装置 80 は、商用交流電源から供給される交流電圧を直流電圧に変換する整流回路 81 と、整流回路 81 から出力された直流電圧を交流電圧に変換して電動機 100 に供給するインバータ 82 と、インバータ 82 を駆動する制御装置 85 と、電圧検出回路 86 および電流検出回路 87 とを有する。

[0120] 整流回路 81 は、ブリッジダイオード 81a, 81b, 81c, 81d および平滑コンデンサ 81e を有する。整流回路 81 の母線間には、分圧抵抗 84a, 84b が直列に接続されている。電圧検出回路 86 は、分圧抵抗 84a, 84b によって低電圧に変換された電気信号を検出する。整流回路 81 の母線にはシャント抵抗 88 が接続されている。電流検出回路 87 はシャント抵抗 88 に接続され、インバータ 82 に入力される電流の電流値を検出する。

[0121] インバータ 82 は、圧縮機 500 の端子 511 (図 12) を介して電動機 100 と接続されている。インバータ 82 は、U 相のスイッチング素子 82a, 82b、V 相のスイッチング素子 82c, 82d、および W 相のスイッチング素子 82e, 82f を有する。スイッチング素子 82a, 82c, 82e は上アームであり、スイッチング素子 82b, 82d, 82f は下アームである。

[0122] 電動機 100 のコイル 50 は、U 相、V 相、W 相のコイル 50U, 50V, 50W を有する。スイッチング素子 82a, 82b は、U 相のコイル 50U に接続されている。スイッチング素子 82c, 82d は、V 相のコイル 50V に接続されている。スイッチング素子 82e, 82f は、W 相のコイル 50W に接続されている。スイッチング素子 82a~82f には、還流用の

整流素子 83a～83f が並列接続されている。

[0123] インバータ 82 から出力される交流電圧は、電動機 100 のコイル 50U, 50V, 50W に供給される。これによりコイル 50U, 50V, 50W に電流が流れて回転磁界が生じ、この回転磁界によってロータ 1 が回転する。制御装置（コントローラ）85 は、コイル 50U, 50W に流れる電流の電流値に基づいてロータ 1 の位置情報を検出する。

[0124] 制御装置 85 には、誘起電圧定数、d 軸インダクタンスおよび q 軸インダクタンスの情報が与えられる。これらの情報は、電動機 100 の磁気特性の指標であり、例えば、冷凍サイクル装置 400 の製造時に制御装置 85 に入力される。

[0125] 制御装置 85 は、予め与えられたこれらの情報に加えて、遠隔操作装置（リモコン）から送信された運転指示信号と、電圧検出回路 86 および電流検出回路 87 からの検出信号と、ロータ 1 の位置情報とに基づき、インバータ 82 に PWM (Pulse Width Modulation) 信号を出力する。

[0126] 制御装置 85 は、以下の式（1）で表される電圧方程式と、式（2）で表されるトルク方程式から、目標とするトルクおよび回転数で電動機 100 を駆動するためにコイル 50U, 50V, 50W に流すべき電流を決定する。

[0127] [数1]

$$V_o = \omega \sqrt{(\Phi_a + L_d \times I_d)^2 + (L_q \times I_q)^2} \dots (1)$$

$$T = P_n \times (\Phi_a \times I_q + (L_d - L_q) \times I_d \times I_q) \dots (2)$$

[0128] 式（1）および式（2）において、 V_o は誘起電圧、 ω は角回転数、 Φ_a は誘起電圧定数、 L_d は d 軸インダクタンス、 I_d は d 軸電流、 L_q は q 軸インダクタンス、 I_q は q 軸電流、 T は発生トルク、 P_n は極対数を表す。

[0129] <作用>

次に、実施の形態 1 の作用について説明する。上記の通り、制御装置 85 は、予め記憶した誘起電圧定数 Φ_a 、d 軸インダクタンス L_d および q 軸インダクタンス L_q に基づいて電動機 100 を制御する。そのため、これらの

値が制御装置 85 に記憶した値から乖離すると、制御精度が低下する。

[0130] 誘起電圧定数、d 軸インダクタンスおよび q 軸インダクタンス等の磁気特性が変化する原因の一つに、永久磁石 20 の不可逆減磁がある。永久磁石 20 の不可逆減磁が生じると、誘起電圧定数が低下し、d 軸インダクタンスおよび q 軸インダクタンスも変化する。

[0131] 不可逆減磁とは、ステータ 3 からの磁界（反磁界とも称する）によって永久磁石 20 の磁化の向きが反転し、反磁界が消滅しても磁化の向きが元にならなくなることを言う。永久磁石 20 の不可逆減磁しにくさを、保磁力と称する。

[0132] 一般に圧縮機 500 の電動機 100 には希土類磁石が用いられる。しかしながら、圧縮機 500 の内部は例えば 150℃ の高温に達し、希土類磁石はこのような高温での保磁力が小さく、不可逆減磁しやすい。

[0133] 永久磁石 20 の不可逆減磁が生じた状態でも電動機 100 の運転は継続可能であるが、不可逆減磁によって誘起電圧定数、d 軸インダクタンスおよび q 軸インダクタンスが変化するため、制御精度が低下する。

[0134] 一方、上述した各種の冷媒は、高圧、高温の条件下で着火エネルギーが与えられると、不均化反応を生じる可能性がある。圧縮機 500 内の圧力と温度には相間関係があり、圧力が高いほど温度も高くなる。特に、圧縮機 500 が高圧、高温の運転条件で運転している場合に、不均化反応が最も発生しやすい。

[0135] そのため、永久磁石 20 の不可逆減磁によって誘起電圧定数、d 軸インダクタンスおよび q 軸インダクタンスが変化し、電動機 100 の制御精度が低下すると、電動機 100 のトルクが瞬間的に上昇して圧縮機 500 内の圧力も瞬間的に上昇する可能性がある、その結果、不均化反応の発生確率が上昇する。

[0136] これに対し、本実施の形態では、永久磁石 20 がフェライト磁石で構成されている。フェライト磁石は、低温（例えば -20℃ ~ -30℃）での保磁力は低い、高温（例えば 150℃）での保持力が高く、高温で不可逆減磁

しにくい。そのため、圧縮機 500 内の高圧、高温環境において、誘起電圧定数、d 軸インダクタンスおよび q 軸インダクタンスの変化が生じにくい。

[0137] 制御装置 85 は、予め記憶した誘起電圧定数、d 軸インダクタンスおよび q 軸インダクタンスに基づいて電動機 100 を制御するため、これらの磁気特性の変化が小さいほど、電動機 100 のトルクが安定する。すなわち、冷媒の瞬間的な圧力上昇による不均化反応の発生を抑えることができる。

[0138] 誘起電圧定数、d 軸インダクタンスおよび q 軸インダクタンス等の磁気特性が変化する原因のもう一つは、コイル 50 の熱膨張による巻き付け状態の変化である。コイル 50 の導体の熱伝導率はステータコア 30 の電磁鋼板の熱伝導率よりも高いため、高温では熱膨張差によってコイル 50 とティース 32 を囲む絶縁部 40 との間に隙間が生じ易い。コイル 50 と絶縁部 40 との間に隙間が生じると、コイル 50 に鎖交する磁束量が変化し、磁気特性が変化する可能性がある。

[0139] 本実施の形態では、コイル 50 がアルミニウム線で構成されている。アルミニウム線は銅線よりも柔らかいため、絶縁部 40 を介してティース 32 に密着するように巻き付けることができる。すなわち、ティース 32 の端面 32e および側面 32a に沿ってコイル 50 を引き延ばしながら巻き付けることにより、高温でもコイル 50 と絶縁部 40 とが密着した状態を保つことができる。これにより磁気特性の変化を抑制することができ、電動機 100 の出力を安定させることができる。すなわち、冷媒の瞬間的な圧力上昇による不均化反応の発生を抑えることができる。

[0140] また、ステータコア 30 が軸方向中央の第 1 コア部 30a と軸方向端部の第 2 コア部 30b とを有し、第 2 コア部 30b のティース 32 の幅 W2 が第 1 コア部 30a のティース 32 の幅 W1 よりも狭いため、コイル 50 を絶縁部 40 との間に隙間が生じないように巻き付けやすい（図 7（A））。そのため、磁気特性の変化を抑制する効果を高めることができる。

[0141] また、コイル 50 が整列巻きで巻かれているため、コイル 50 と絶縁部 40 とを密着させるだけでなく、コイル 50 のコイル線同士も密着させること

ができる。そのため、磁気特性の変化を抑制する効果を高めることができる。

[0142] また、コイル50が複数のティース32に跨って巻かれている場合には、コイル50と絶縁部40との隙間が大きくなるが、コイル50が突極集中巻きで巻かれているため、コイル50と絶縁部40との隙間が生じにくい。そのため、磁気特性の変化を抑制する効果をさらに高めることができる。

[0143] また、コイル50が短辺クロス巻きで巻かれており、クロスポイントAがティース32の端面32e上に位置するため、コイル50と絶縁部40との隙間が生じにくい。そのため、磁気特性の変化を抑制する効果をさらに高めることができる。

[0144] また、ティース32のスロット33側に絶縁フィルム42が設けられているため、コイル50とティース32とを接近させ、より多くの磁束をコイル50に鎖交させることができる。

[0145] ここでは、電動機100は、ロータコア10の磁石挿入孔11に永久磁石20を取り付けたIPM（磁石埋込型）モータであるが、ロータコア10の表面に永久磁石20を取り付けたSPM（表面磁石型）モータであってもよい。

[0146] <実施の形態の効果>

以上説明したように、実施の形態1の電動機100は、圧縮機500内で、不均化反応を生じる性質の物質を含む冷媒と共に用いられ、環状のロータコア10と永久磁石20とを有するロータ1と、ステータコア30とコイル50とを有するステータ3とを備え、永久磁石20はフェライト磁石で構成されている。そのため、高圧、高温環境での永久磁石20の不可逆減磁を抑制し、電動機100の制御精度の低下を抑え、出力を安定させることができる。その結果、冷媒の瞬間的な圧力上昇に伴う不均化反応の発生を抑制し、圧縮機500の故障の発生を抑制することができる。

[0147] また、コイル50がアルミニウム線で構成されているため、コイル50をティース32に絶縁部40を介して密着するように巻き付けやすい。そのた

め、熱膨張によってコイル50と絶縁部40との間に隙間が生じることを抑制し、電動機100の出力をより安定させることができる。

[0148] また、永久磁石20が異方性のフェライト磁石で構成されているため、永久磁石20の高温での保磁力がより高くなり、永久磁石20が不可逆減磁の抑制効果を高めることができる。

[0149] また、永久磁石20がランタンおよびコバルトを含有するフェライト磁石で構成されているため、永久磁石20の残留磁束密度および保磁力が共に高くなり、永久磁石20の磁力を増大させ、且つ不可逆減磁の抑制効果を高めることができる。

[0150] また、ステータコア30の第2コア部30bにおけるスロット33の面積が、第1コア部30aにおけるスロット33の面積よりも大きい。より具体的には、第2コア部30bにおけるティース32の幅W2が、第1コア部30aにおけるティース32の幅W1よりも狭い。そのため、コイル50をティース32に絶縁部40を介して密着するように巻き付けやすい。これにより、熱膨張によってコイル50とティース32との隙間が広がることを抑制し、電動機100の出力をより安定させることができる。

[0151] 特に、コイル50が、整列巻き、突極集中巻き、および短辺クロス巻きで巻かれているため、コイル50とティース32とを絶縁部40を介して密着させることができる。また、ステータコア30が複数の分割コア35を環状に組み合わせたものであるため、ステータ3の組立工程において、コイル50を高密度に巻き付けることができる。これにより、熱膨張によってコイル50とティース32との隙間が広がることを抑制し、電動機100の出力をより安定させることができる。

[0152] また、電動機100と共に用いる冷媒が、R1234yf、R1234ze(E)、R448A、R449A、R452A、R452B、R454A、R454B、R454C、R463A、R513A、およびR515Bのうちの少なくとも1つを含むため、地球温暖化防止の要請に応えつつ、圧縮機500の運転能力も向上することができる。

[0153] 変形例.

図15は、変形例のロータ1Aを示す断面図である。実施の形態1のロータ1の永久磁石20は、軸方向に直交する断面において矩形形状を有していた。変形例のロータ1Aの永久磁石21は、軸方向に直交する断面において、径方向外側に凸となる湾曲形状を有している。

[0154] すなわち、永久磁石21は、外周側の第1面21aと内周側の第2面21bとを有する。第1面21aは、ロータコア10の外周に沿った湾曲形状、より具体的には円弧状に形成されている。第2面21bは、極中心Pを通る磁極中心線に直交する平面である。磁石挿入孔101とロータコア10の外周との間には、薄肉部102が形成される。

[0155] なお、ロータコア10には、実施の形態1で説明したスリット13（図3）は設けられていない。図15では省略するが、磁石挿入孔101の周方向両側にフラックスバリア12（図3）を形成してもよい。

[0156] 永久磁石21の第1面21aがロータコア10の外周に沿った湾曲形状を有するため、変形例の永久磁石21の体積を実施の形態1の永久磁石20と比較して大きくすることができる。

[0157] ロータ1Aのロータコア10は、永久磁石21を挿入する磁石挿入孔101を有する。磁石挿入孔101の内周側の面は、磁極中心線に直交する平面である。磁石挿入孔101の外周側の面は、極中心Pに相当する部分が外周側に凸となる曲面である。

[0158] 変形例のロータ1Aは、永久磁石21の形状および磁石挿入孔101の形状を除き、実施の形態1のロータ1と同様に構成されている。

[0159] 変形例のロータ1Aは、永久磁石21の第1面21aが湾曲形状を有するため、実施の形態1の永久磁石20よりも体積が大きくなり、従ってより大きい磁力を発生することができる。そのため、電動機の出力を増大することができる。

[0160] 以上、望ましい実施の形態について具体的に説明したが、これらの実施の形態には各種の改良または変形を行なうことができる。

符号の説明

[0161] 1, 1A ロータ、 3 ステータ、 10 ロータコア、 11 磁石挿入孔、 20, 21 永久磁石、 20a, 21a 第1面、 20b, 21b 第2面、 25 シャフト、 30 ステータコア、 30a 第1コア部、 30b 第2コア部、 31 ヨーク、 31a, 31b 内周、 32 ティース、 32a, 32b 側面、 33 スロット、 34 分割面、 35 分割コア、 40 絶縁部、 41 インシュレータ、 42 絶縁フィルム、 50, 50U, 50V, 50W コイル、 55 シェル、 80 駆動装置、 81 整流回路、 82 インバータ、 85 制御装置、 100 電動機、 101 磁石挿入孔、 400 冷凍サイクル装置、 401 四方弁、 402 凝縮器、 403 減圧装置、 404 蒸発器、 500 圧縮機、 501 圧縮機構、 502 シリンダ、 507 密閉容器。

請求の範囲

- [請求項1] 圧縮機内に配置され、不均化反応を生じる性質の物質を含む冷媒と共に用いられる電動機であって、
- 軸線を中心とする環状のロータコアと、前記ロータコアに取り付けられた永久磁石とを有するロータと、
- 前記軸線を中心とする径方向の外側から前記ロータコアを囲むステータコアと、前記ステータコアに巻かれたコイルとを有するステータとを備え、
- 前記永久磁石はフェライト磁石で構成されている電動機。
- [請求項2] 前記コイルは、アルミニウム線で構成されている請求項1に記載の電動機。
- [請求項3] 前記フェライト磁石は、異方性を有する請求項1または2に記載の電動機。
- [請求項4] 前記フェライト磁石は、ランタンおよびコバルトを含有する請求項1から3までの何れか1項に記載の電動機。
- [請求項5] 前記ステータコアは、前記コイルを収容するスロットを有し、
- 前記ステータコアは、当該ステータコアの前記軸線の方の中央に位置する第1コア部と、当該ステータコアの前記軸線の方の端部に位置する第2コア部とを有し、
- 前記第2コア部における前記スロットの面積は、前記第1コア部における前記スロットの面積よりも大きい
- 請求項1から4までのいずれか1項に記載の電動機。
- [請求項6] 前記ステータコアは、前記軸線を中心とする周方向において前記スロットに隣接するティースを有し、
- 前記第2コア部における前記ティースの前記周方向の幅は、前記第1コア部における前記ティースの前記周方向の幅よりも狭い
- 請求項5に記載の電動機。

- [請求項7] 前記ステータコアと前記コイルとの間に絶縁部が設けられ、
前記絶縁部は、前記ティースの前記幅が変化する部分に形成される
段差部に係合する
請求項6に記載の電動機。
- [請求項8] 前記ステータコアの前記ティースには、前記コイルが整列巻きで巻
かれている
請求項6または7に記載の電動機。
- [請求項9] 前記ステータコアの前記ティースには、前記コイルが突極集中巻き
で巻かれている
請求項6から8までのいずれか1項に記載の電動機。
- [請求項10] 前記ステータコアには、前記コイルが複数層をなすように巻かれて
おり、
前記ティースの前記軸線方向の一端面上で、前記コイルの互いに
異なる層のコイル線が交差している
請求項6から9までのいずれか1項に記載の電動機。
- [請求項11] 前記スロットの内部では、前記コイルを構成するコイル線は前記軸
線と平行に延在している
請求項5から10までのいずれか1項に記載の電動機。
- [請求項12] 前記ステータコアの前記スロット側の面に、絶縁フィルムが設けら
れている
請求項5から11までのいずれか1項に記載の電動機。
- [請求項13] 前記ステータコアは、それぞれ1つのティースを含む複数の分割コ
アを環状に組み合わせて構成される
請求項5から12までのいずれか1項に記載の電動機。
- [請求項14] 前記永久磁石は、前記ステータに対向する面が湾曲形状を有する
請求項1から13までのいずれか1項に記載の電動機。
- [請求項15] 請求項1から14までのいずれか1項に記載の電動機と、
前記電動機によって駆動する圧縮機構と、

前記電動機および前記圧縮機構を収容する密閉容器と
を備えた圧縮機。

[請求項16]

前記冷媒は、

R 1 2 3 4 y f、

R 1 2 3 4 z e (E)、

R 4 4 8 A、

R 4 4 9 A、

R 4 5 2 A、

R 4 5 2 B、

R 4 5 4 A、

R 4 5 4 B、

R 4 5 4 C、

R 4 6 3 A、

R 5 1 3 A、および

R 5 1 5 B

のうちの少なくとも1つを含む

請求項15に記載の圧縮機。

[請求項17]

請求項15または16に記載の圧縮機と、凝縮器と、減圧装置と、
蒸発器とを有する

冷凍サイクル装置。

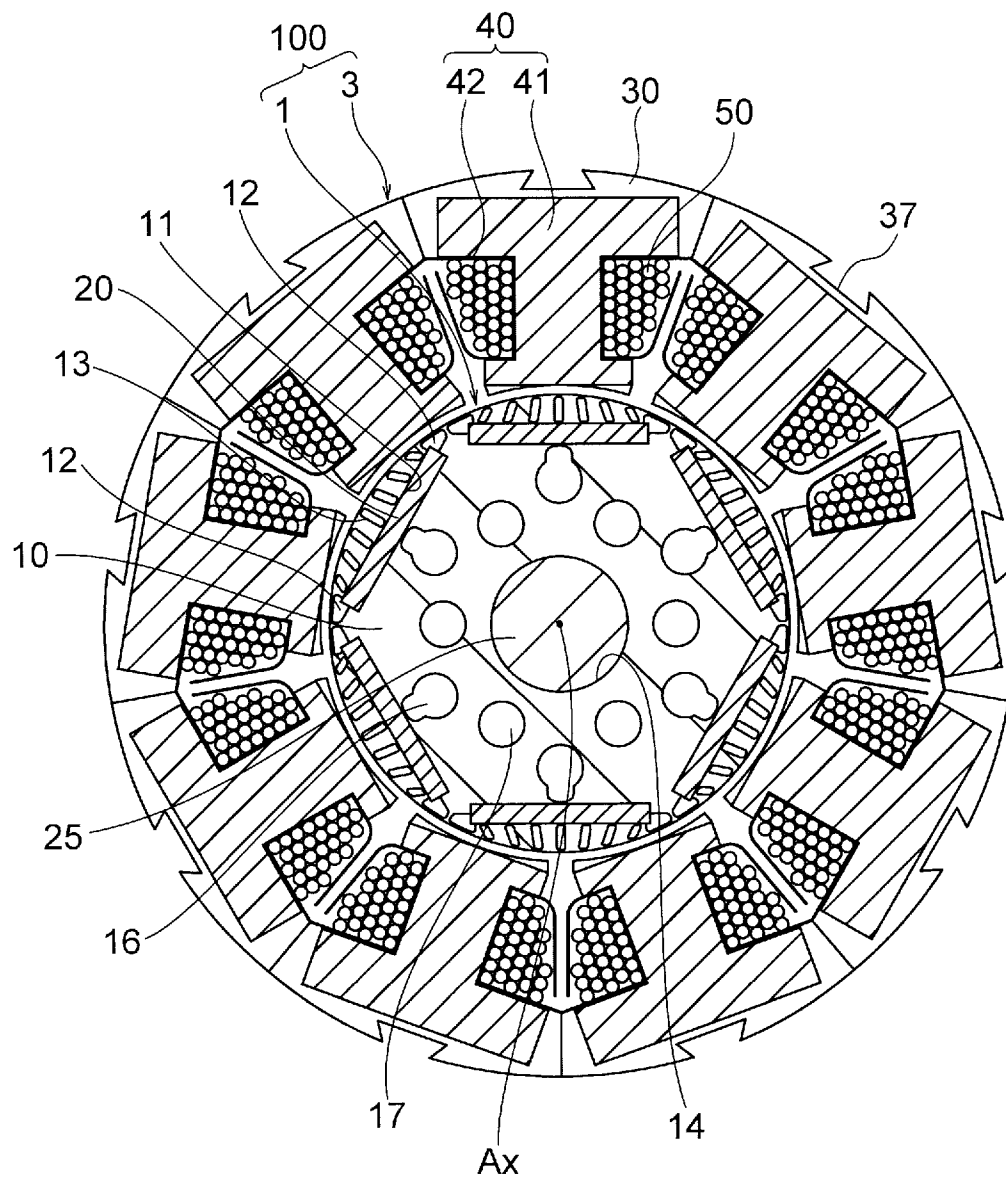
[請求項18]

前記電動機の前記コイルに電流を供給するインバータと、

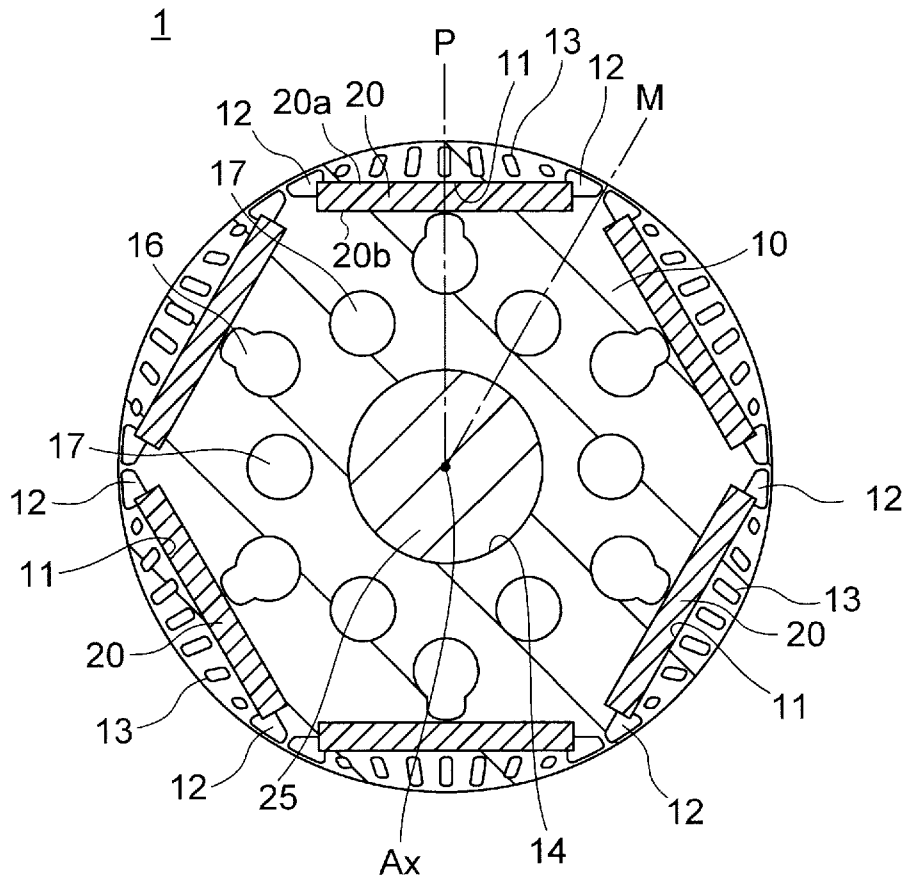
誘起電圧定数、d軸インダクタンスおよびq軸インダクタンスに基
づいて、前記インバータを制御する制御装置と

をさらに備えた請求項17に記載の冷凍サイクル装置。

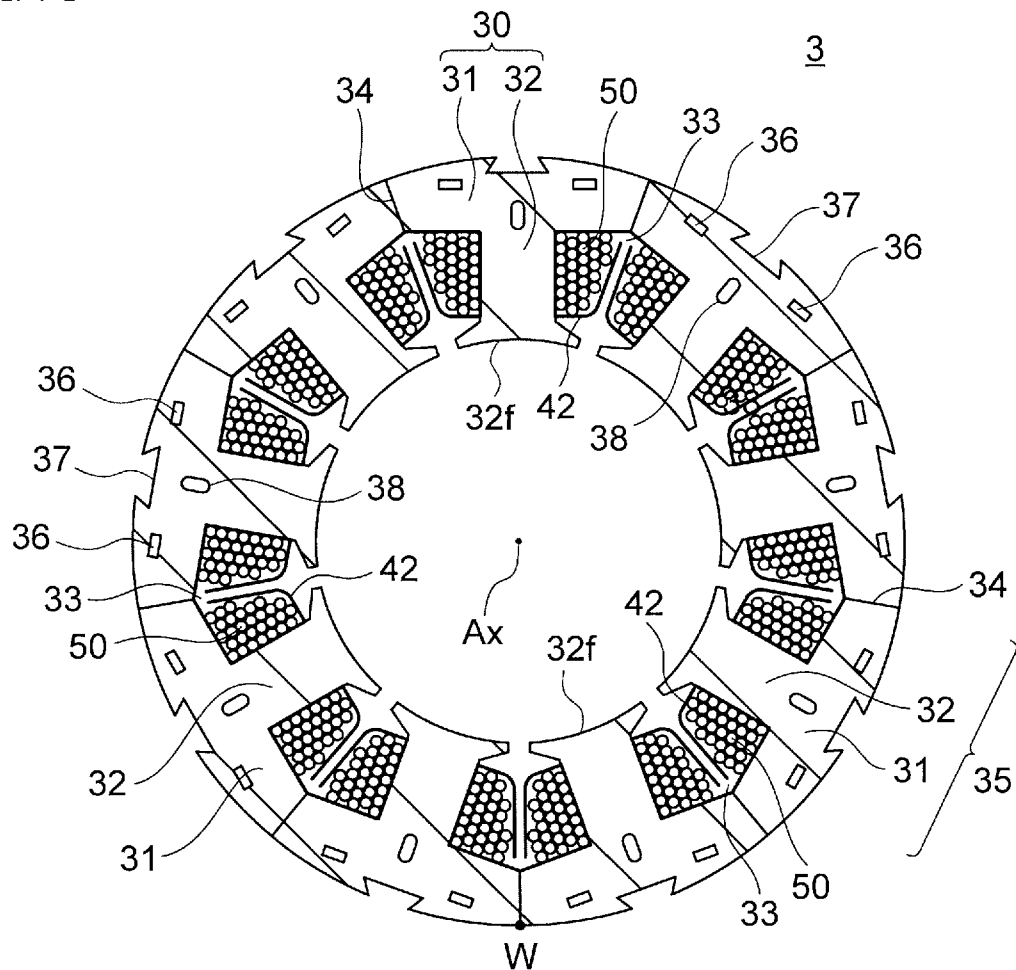
[図1]



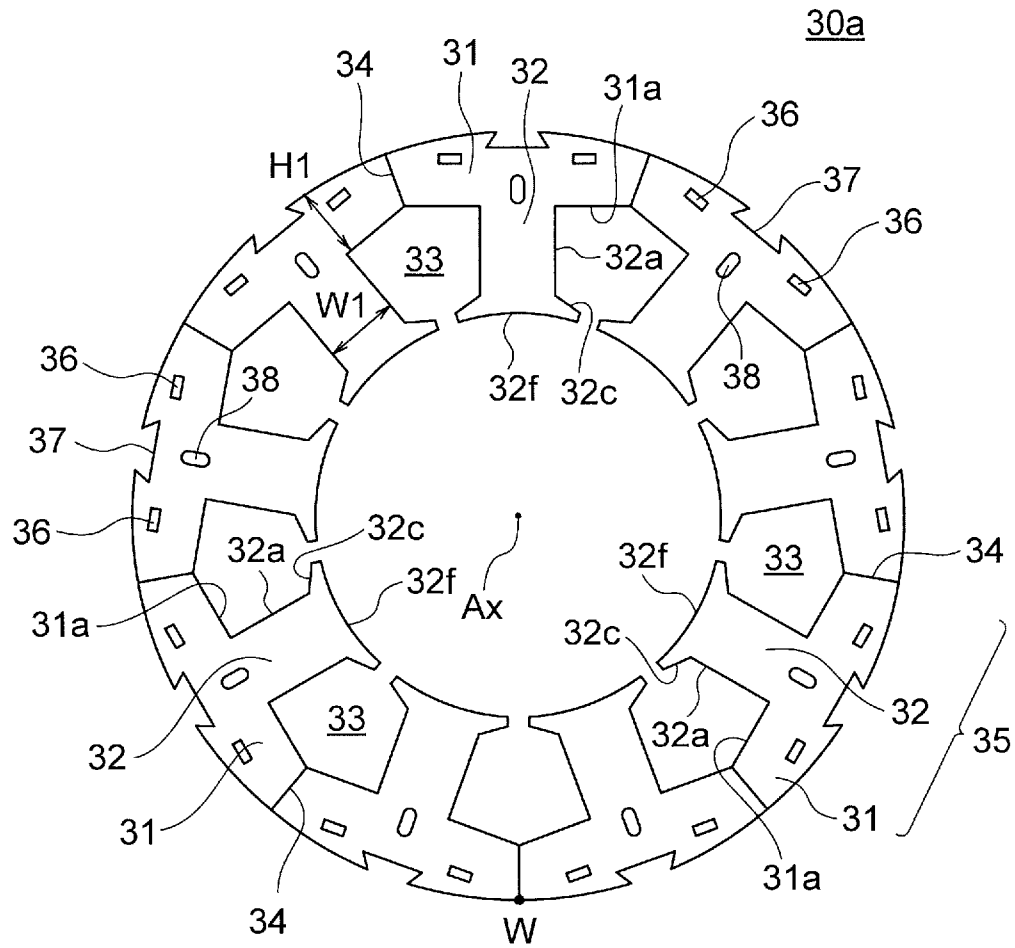
[図2]



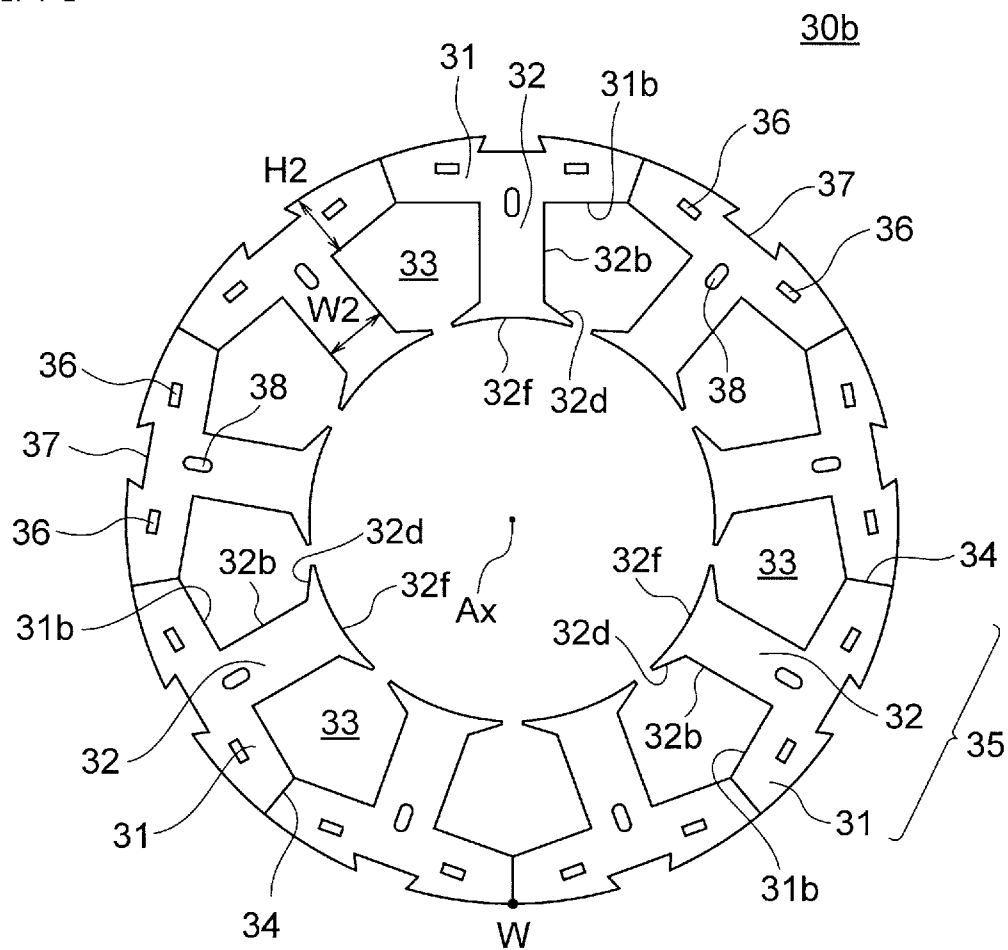
[図3]



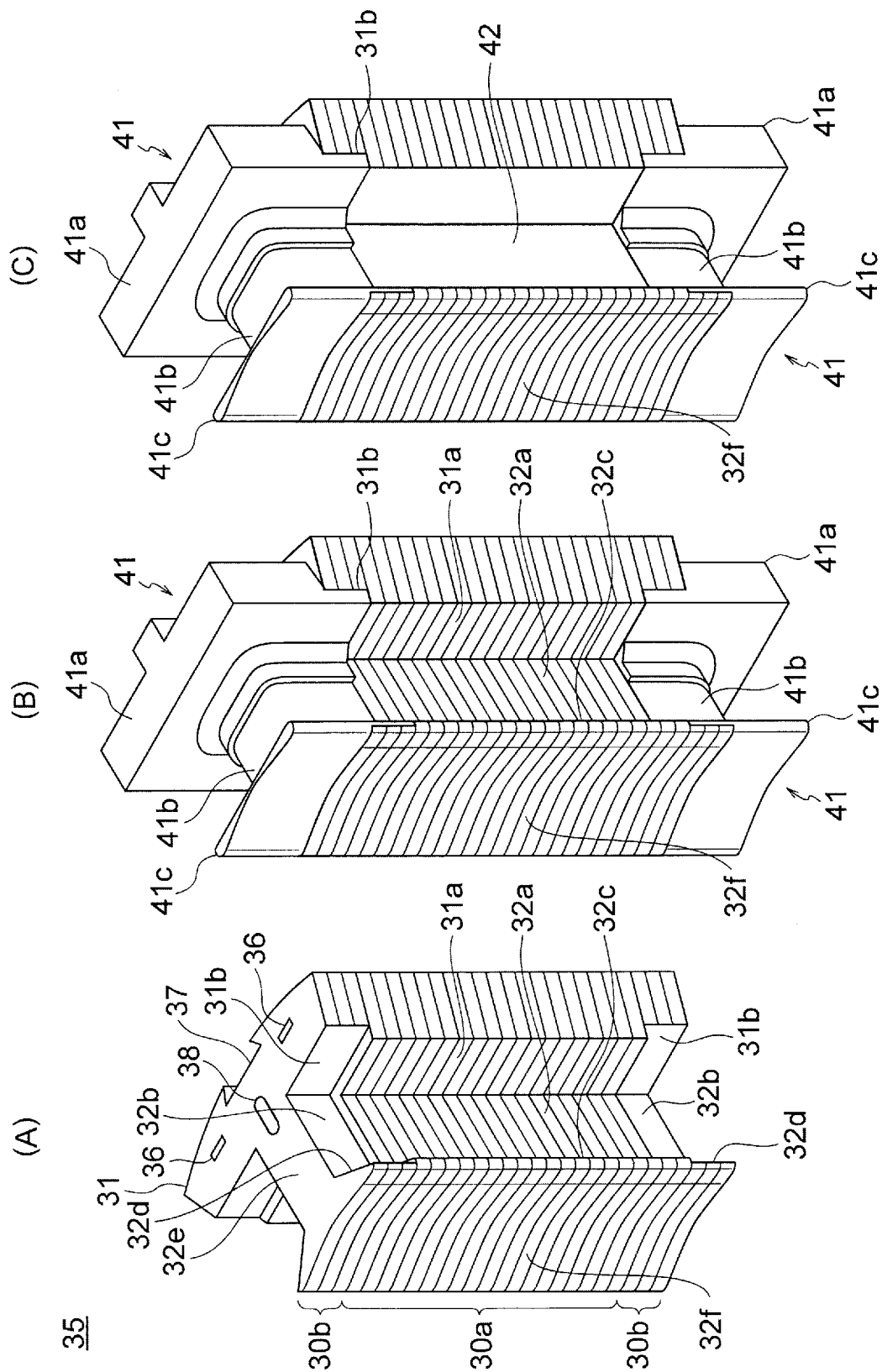
[図4]



[図5]



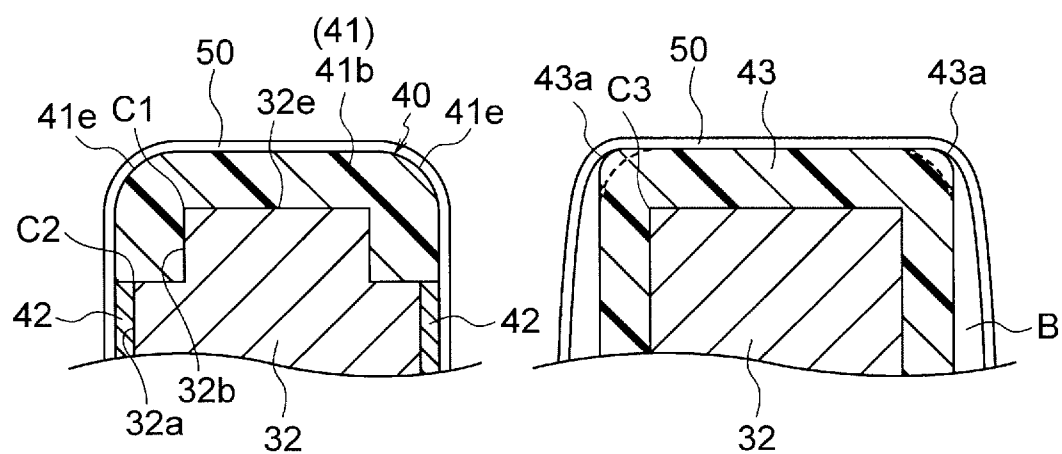
[図6]



[図7]

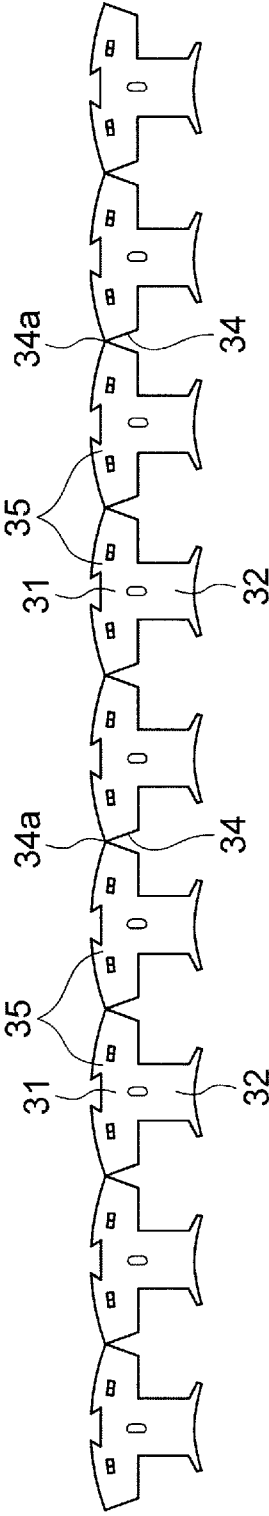
(A)

(B)

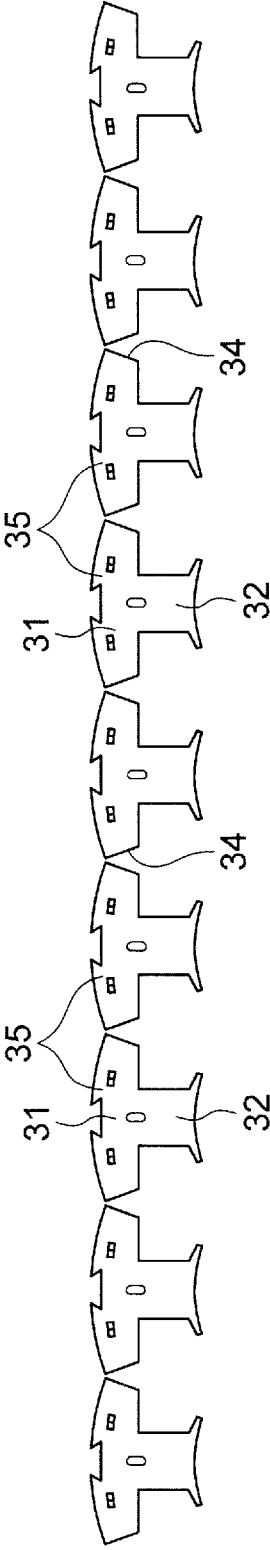


[図8]

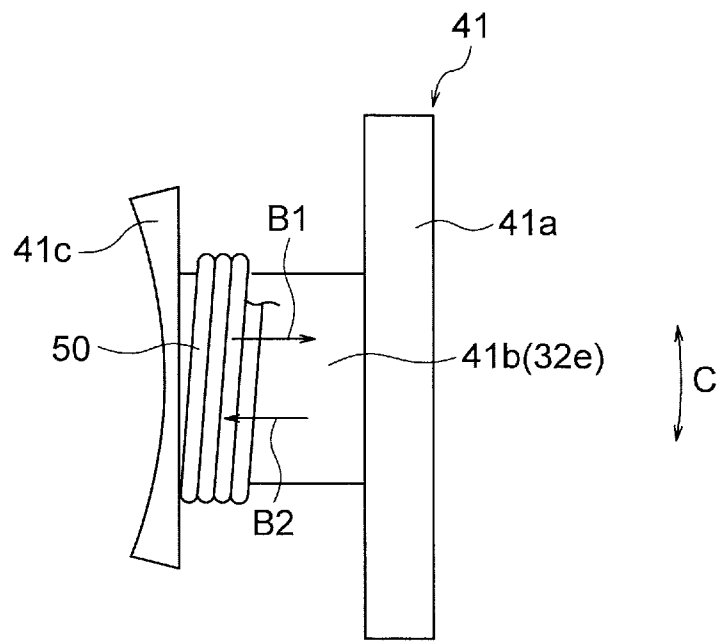
(A)



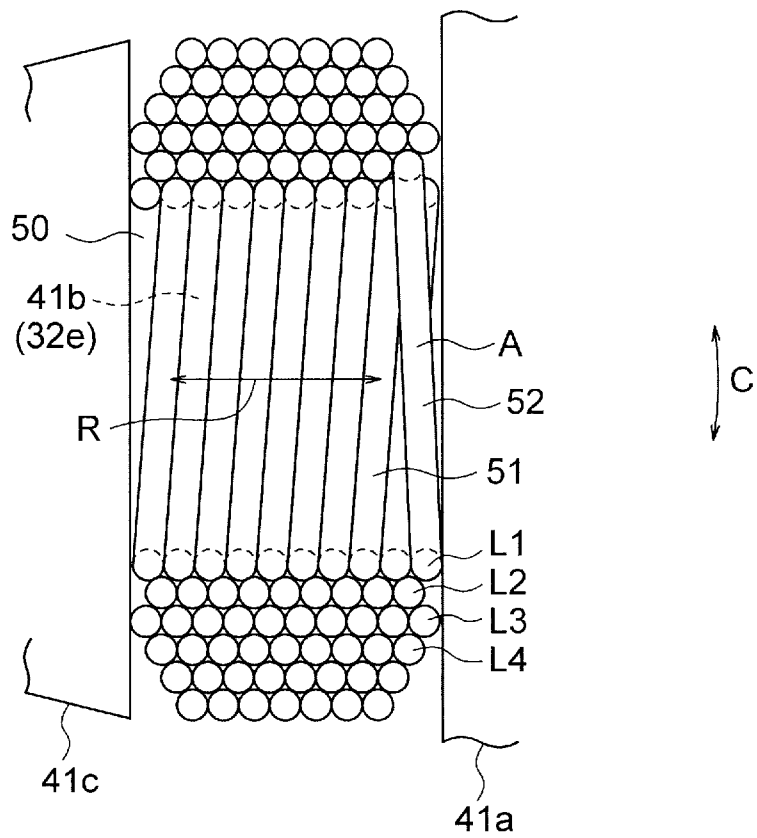
(B)



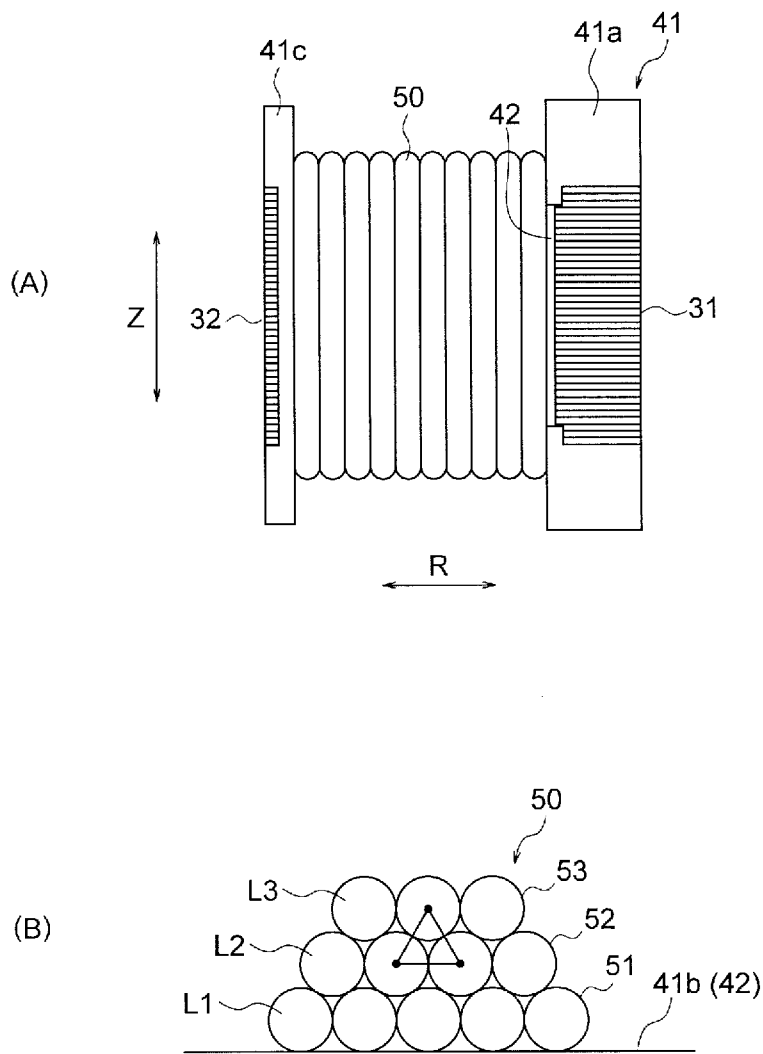
[図9]



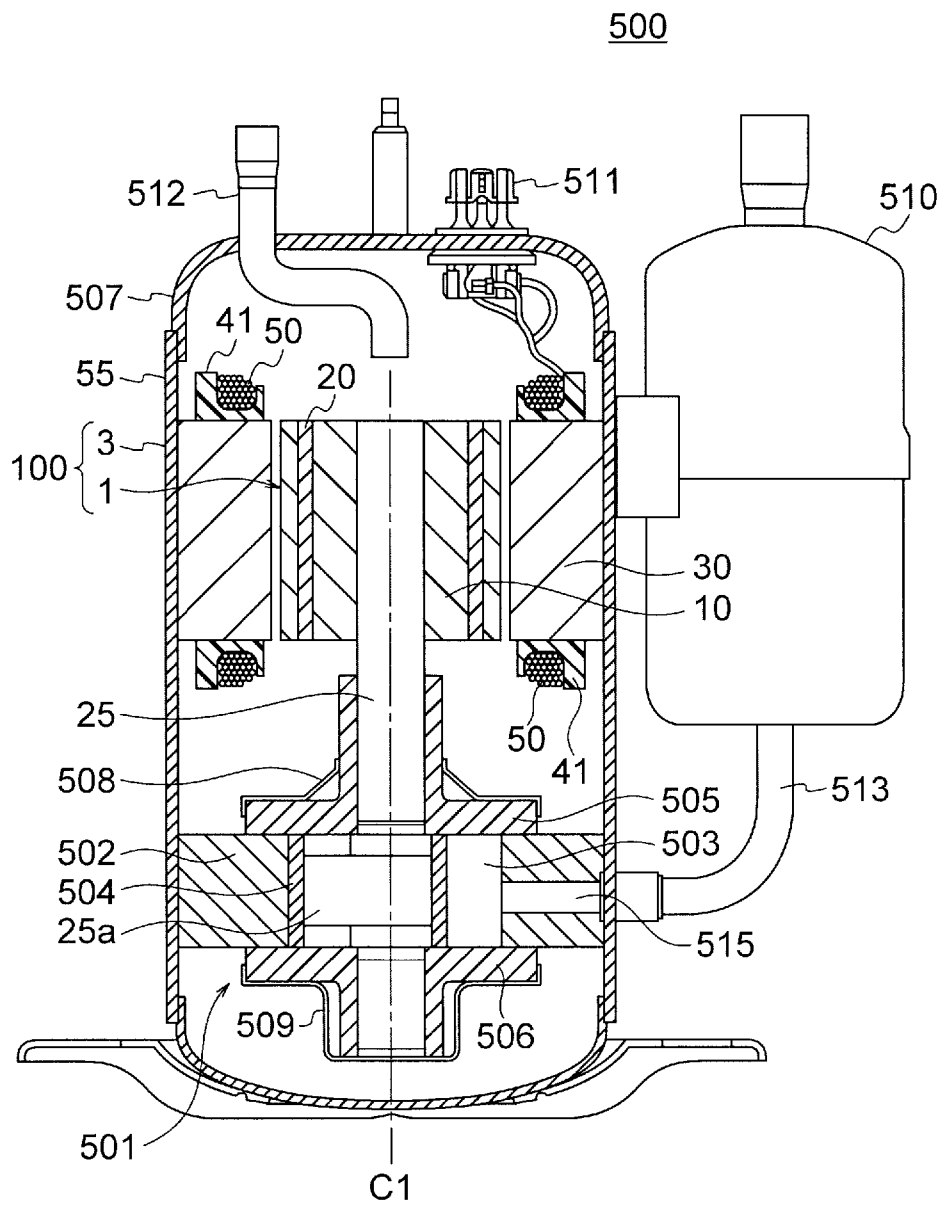
[図10]



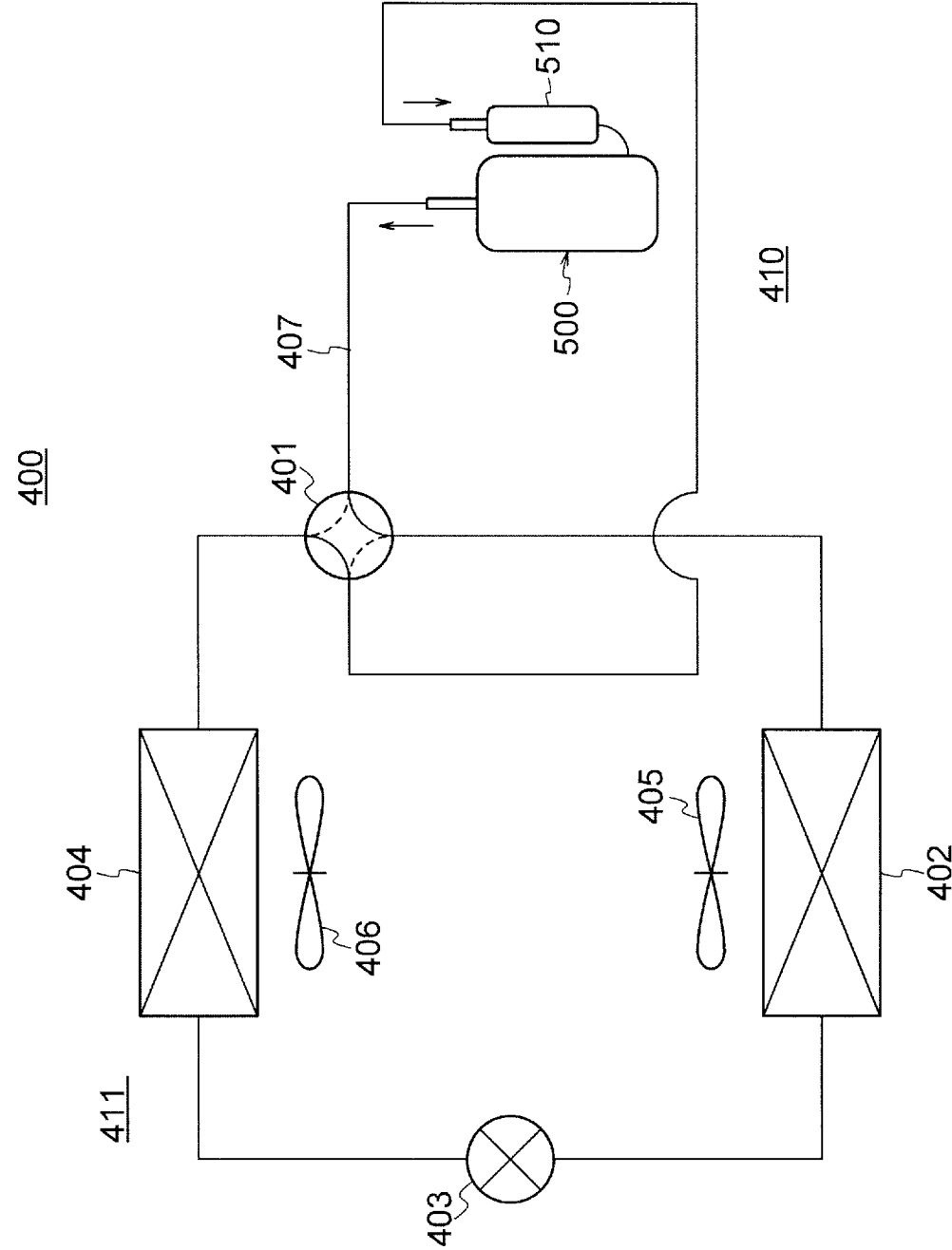
[図11]



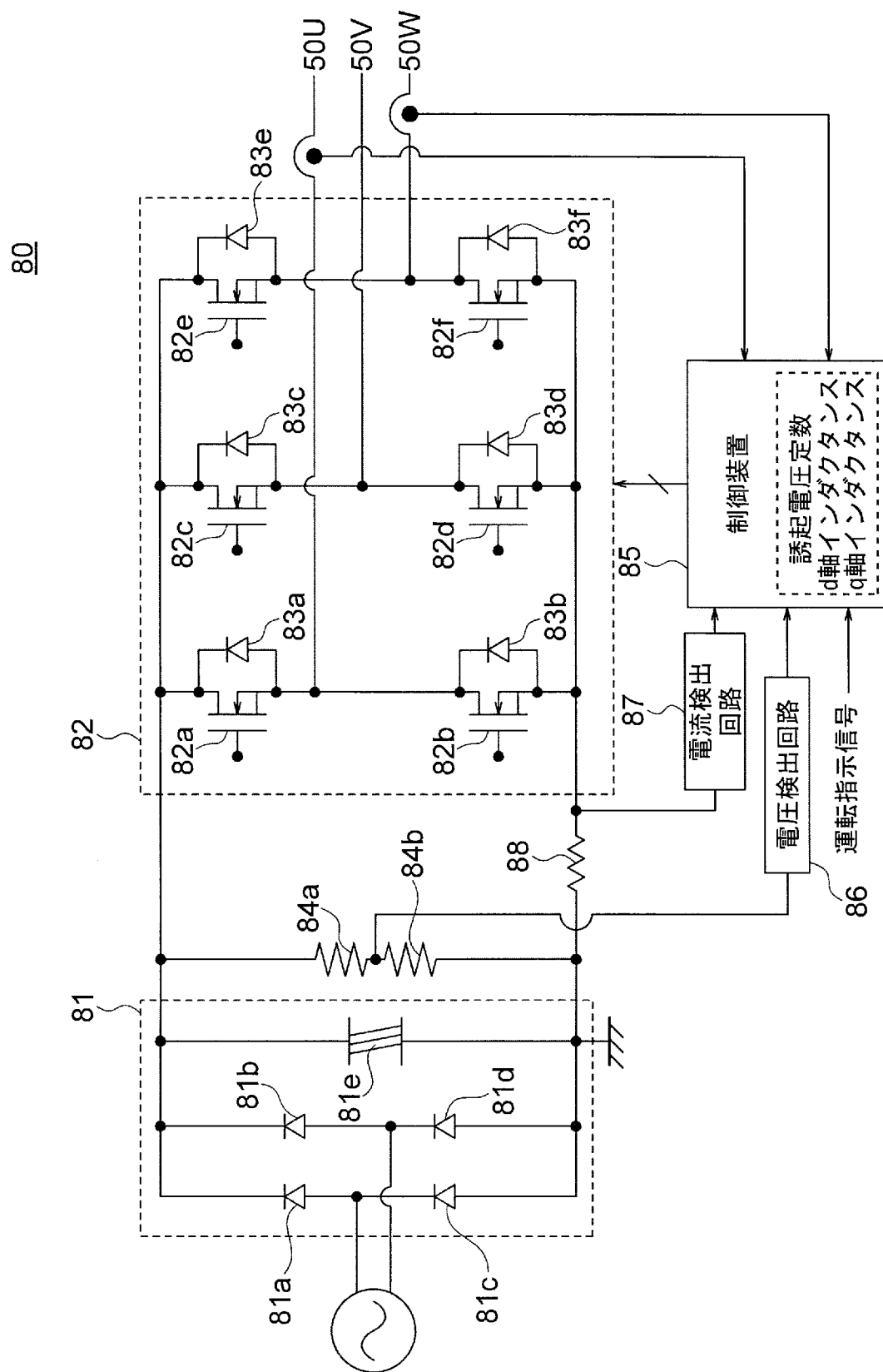
[図12]



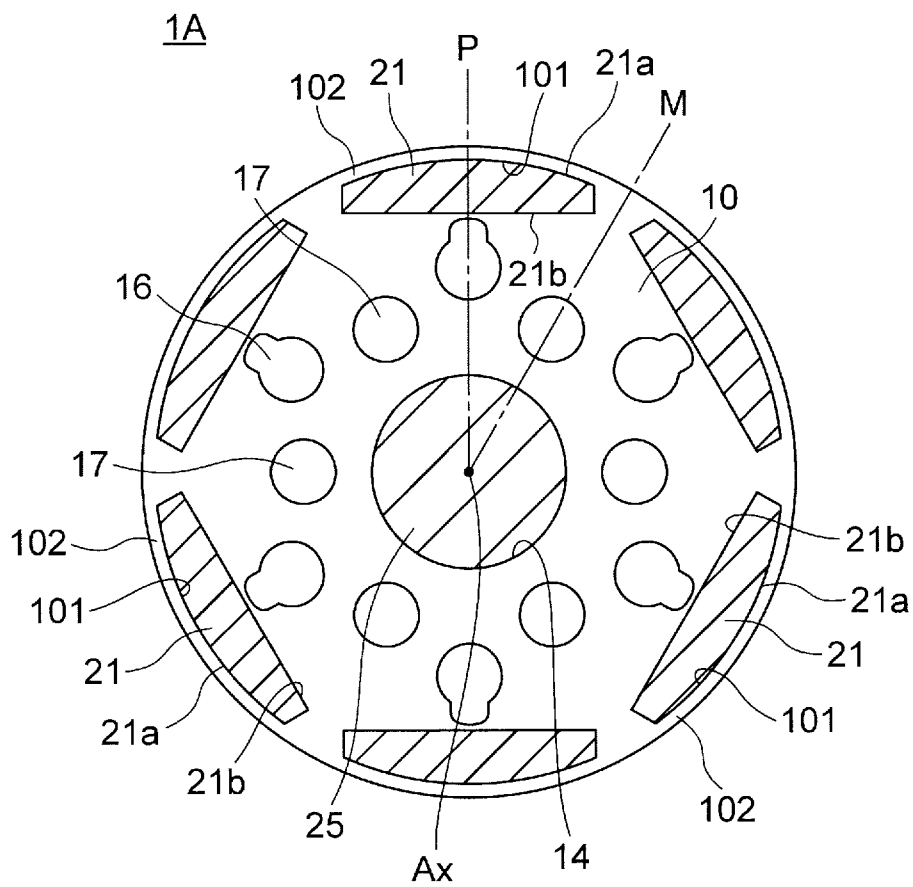
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/004069

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 1/22**(2006.01)i

FI: H02K1/22 Z

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)

H02K1/22

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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	WO 2015/136977 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 17 September 2015 (2015-09-17) paragraphs [0046]-[0076], fig. 3	1-2
Y		3-18
Y	JP 2001-274010 A (TDK CORP.) 05 October 2001 (2001-10-05) paragraphs [0002]-[0003]	3-18
Y	JP 2017-103850 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 08 June 2017 (2017-06-08) paragraphs [0009]-[0024], fig. 1-5	5-18
Y	JP 2002-34190 A (HITACHI, LTD.) 31 January 2002 (2002-01-31) paragraph [0017], fig. 5-6	8-18
Y	JP 2015-50880 A (AISIN SEIKI CO., LTD.) 16 March 2015 (2015-03-16) paragraph [0050], fig. 7	14-18
A	JP 2008-251801 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 16 October 2008 (2008-10-16) paragraphs [0019]-[0031], fig. 1-3	8-18

☐ 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

04 April 2022

Date of mailing of the international search report

19 April 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/004069

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2015/136977	A1	17 September 2015	CN	106460847	A	
JP	2001-274010	A	05 October 2001	(Family: none)			
JP	2017-103850	A	08 June 2017	CN	106816979	A	
JP	2002-34190	A	31 January 2002	(Family: none)			
JP	2015-50880	A	16 March 2015	US	2015/0061444	A1	
				paragraph [0076], fig. 7			
				EP	2843805	A1	
				CN	104426268	A	
JP	2008-251801	A	16 October 2008	(Family: none)			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 1/22(2006.01)i FI: H02K1/22 Z														
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）） H02K1/22 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2022年													
日本国実用新案登録公報	1996-2022年													
日本国登録実用新案公報	1994-2022年													
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	WO 2015/136977 A1（三菱電機株式会社）17.09.2015（2015-09-17） 段落0046-0076, 図3	1-2												
Y		3-18												
Y	JP 2001-274010 A（ティーディーケイ株式会社）05.10.2001（2001-10-05） 段落0002-0003	3-18												
Y	JP 2017-103850 A（三菱電機株式会社）08.06.2017（2017-06-08） 段落0009-0024, 図1-5	5-18												
Y	JP 2002-34190 A（株式会社日立製作所）31.01.2002（2002-01-31） 段落0017, 図5-6	8-18												
Y	JP 2015-50880 A（アイシン精機株式会社）16.03.2015（2015-03-16） 段落0050, 図7	14-18												
A	JP 2008-251801 A（三菱電機株式会社）16.10.2008（2008-10-16） 段落0019-0031, 図1-3	8-18												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 04.04.2022	国際調査報告の発送日 19.04.2022													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 服部 俊樹 3V 3736 電話番号 03-3581-1101 内線 3357													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/004069

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2015/136977	A1	17.09.2015	CN	106460847	A	
JP	2001-274010	A	05.10.2001	(ファミリーなし)			
JP	2017-103850	A	08.06.2017	CN	106816979	A	
JP	2002-34190	A	31.01.2002	(ファミリーなし)			
JP	2015-50880	A	16.03.2015	US	2015/0061444	A1	
				段落0076, 図7			
				EP	2843805	A1	
				CN	104426268	A	
JP	2008-251801	A	16.10.2008	(ファミリーなし)			