

(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
2022年10月20日(20.10.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/219675 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 15/03 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/015165

(22) 国際出願日: 2021年4月12日(12.04.2021)

(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: 石川 淳史 (ISHIKAWA Atsushi); 〒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). 松

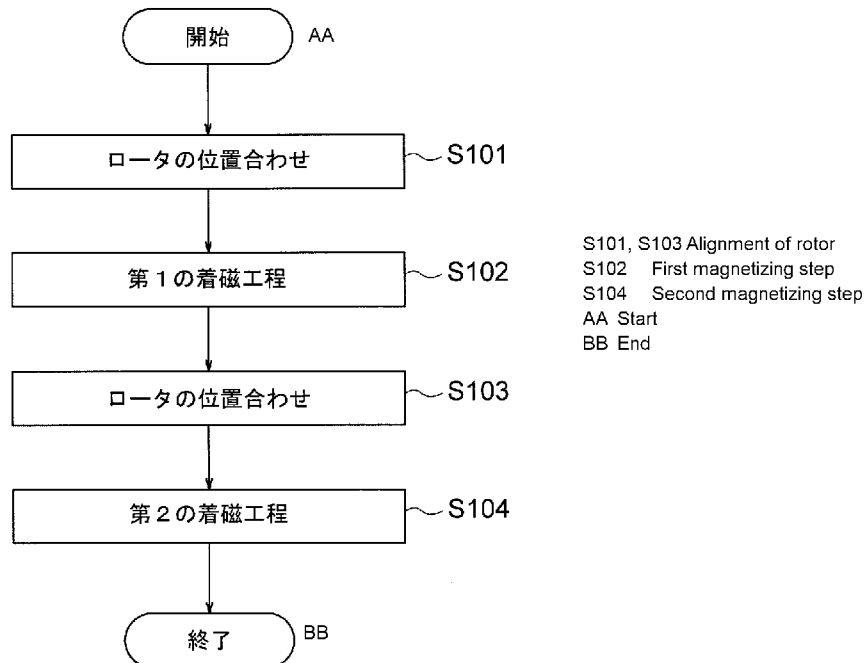
岡 篤 (MATSUOKA Atsushi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(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,

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

(54) 発明の名称: 電動機、圧縮機、冷凍サイクル装置、着磁方法および着磁装置



(57) Abstract: This motor comprises: a rotor having N magnetic poles configured as permanent magnets; and a stator having a stator core surrounding the rotor, and a three-phase coil wound in a distribution winding around the stator core. The three-phase coil has a first phase coil disposed on the outermost side in the radial direction, a second phase coil disposed on the innermost side in the radial direction, and a third phase coil disposed between the first phase coil and the second phase coil in the radial direction. Each of the first phase coil, the second phase coil, and the third phase coil

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, 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))

has P winding parts, and two adjacent winding parts are inserted into one slot of the stator core and extend from the slot toward both sides in the circumferential direction. The permanent magnets are magnetized by a first magnetizing step performed in a state in which the rotor is rotated by an angle θ in a first direction from a reference position, and a second magnetizing step performed in a state in which the rotor is rotated by the angle θ in a second direction from the reference position. Both the first magnetizing step and the second magnetizing step are performed by opening the third phase coil, and connecting the first phase coil and the second phase coil in series to allow a magnetizing current to flow in the first phase coil and the second phase coil.

(57) 要約: 電動機は、永久磁石で構成されるP個の磁極を有するロータと、ロータを囲むステータコアと、ステータコアに分布巻で巻かれた3相のコイルとを有するステータとを備える。3相のコイルは、径方向において、最も外側に配置される第1相のコイルと、最も内側に配置される第2相のコイルと、第1相のコイルと第2相のコイルとの間に配置される第3相のコイルとを有する。第1相、第2相および第3相のコイルはいずれも、P個の巻線部を有し、隣り合う2つの巻線部は、ステータコアの1つのスロットに挿入されて当該スロットから周方向の両側に延在する。永久磁石は、ロータを基準位置から第1の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行われる第1の着磁工程と、ロータを基準位置から第2の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行われる第2の着磁工程とによって着磁されている。第1の着磁工程および第2の着磁工程はいずれも、第3相のコイルを開放し、第1相のコイルと第2相のコイルとを直列接続して、第1相のコイルおよび第2相のコイルに着磁電流を流すことによって行われる。

明 細 書

発明の名称：

電動機、圧縮機、冷凍サイクル装置、着磁方法および着磁装置

技術分野

[0001] 本開示は、電動機、圧縮機、冷凍サイクル装置、着磁方法および着磁装置に関する。

背景技術

[0002] 電動機の永久磁石の着磁方法として、着磁前の永久磁石を電動機に組み込み、電動機のコイルに着磁電流を流して永久磁石を着磁する方法が知られている。このような着磁方法を、組み込み着磁と称する。

[0003] 永久磁石の着磁工程ではコイルに大きな着磁電流を流すため、コイルに電磁力が作用して変形が生じ、コイルの損傷につながる可能性がある。そこで、特許文献1には、コイルを周方向に分散して配置することにより、着磁工程でのコイルの損傷を抑制することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開WO 2020/089994号公報（段落0115～0121参照）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 近年、電動機の高効率化の要請から、永久磁石をより均一に着磁できるようにすることが求められている。すなわち、電動機のコイルの損傷を抑制しながら、永久磁石をより均一に着磁することが求められている。

[0006] 本開示は、電動機のコイルの損傷を抑制すると共に、永久磁石をより均一に着磁できるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示による電動機は、永久磁石で構成されるP個の磁極を有し、軸線を中心として回転可能なロータと、ロータを軸線を中心とする径方向の外側から囲むステータコアと、ステータコアに分布巻で巻かれた3相のコイルとを有するステータとを備える。ステータコアは、軸線を中心とする周方向に複数のスロットを有する。3相のコイルは、径方向において、最も外側に配置される第1相のコイルと、最も内側に配置される第2相のコイルと、第1相のコイルと第2相のコイルとの間に配置される第3相のコイルとを有する。第1相のコイル、第2相のコイルおよび第3相のコイルはいずれも、P個の巻線部を有し、当該P個の巻線部のうち隣り合う2つの巻線部は、複数のスロットのうちの1つのスロットに挿入されて当該スロットから周方向の両側に延在する。永久磁石は、ロータを基準位置から第1の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行われる第1の着磁工程と、ロータを基準位置から第2の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行われる第2の着磁工程とによって着磁されたものである。第1の着磁工程および第2の着磁工程はいずれも、第3相のコイルを開放し、第1相のコイルと第2相のコイルとを直列接続して、第1相のコイルと第2相のコイルに着磁電流を流すことによって行われる。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、第1相のコイル、第2相のコイルおよび第3相のコイルが径方向の内側から順に配置されており、各相のコイルの隣り合う巻線部が1スロットから周方向の両側に延在している。また、ロータを第1の方向および第2の方向に角度 θ だけ回転させて2回の着磁工程を行い、各着磁工程では第1相のコイルと第2相のコイルとを直列接続して着磁電流を流す。そのため、各相のコイルに作用する電磁力を抑えて損傷を抑制し、なお且つ、永久磁石をより均一に着磁することができる。

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のステータを示す上面図である。

[図5]実施の形態1のステータを示す斜視図である。

[図6]実施の形態1の着磁装置を示す模式図である。

[図7]実施の形態1の着磁装置を示す図（A）および着磁電流を示すグラフ（B）である。

[図8]実施の形態1の着磁方法を示すフローチャートである。

[図9]実施の形態1の着磁方法を示す模式図（A），（B），（C）である。

[図10]実施の形態1の着磁装置の電源部を示す模式図（A）、並びに第1および第2の着磁工程を説明するための模式図（B），（C）である。

[図11]一般的な着磁ヨークを示す図（A）および着磁ヨークを備えた着磁装置を示す図（B）である。

[図12]比較例のステータを示す上面図である。

[図13]比較例のステータを示す斜視図である。

[図14]比較例の着磁装置の電源部を示す模式図（A）および着磁工程を説明するための模式図（B）である。

[図15]着磁電流によってコイルに作用する電磁力を説明するための模式図（A），（B），（C）である。

[図16]比較例のステータにロータを組み込み、3相のコイルに通電して1回着磁を行った場合の着磁磁束を示す図（A）、および永久磁石の磁化分布を示す図（B）である。

[図17]実施の形態1の電動機において、2相のコイルに通電して1回着磁を行った場合の着磁磁束を示す図（A）、および永久磁石の磁化分布を示す図（B）である。

[図18]実施の形態1の電動機において、2相のコイルに通電して2回着磁を行った場合の着磁磁束を示す図（A），（B）、および永久磁石の磁化分布を示す図（C）である。

[図19]着磁工程におけるロータの基準位置からの角度と、着磁率99.7%を得るために必要な起磁力との関係を示すグラフである。

[図20]比較例のステータにロータを組み込み、3相のコイルに通電して1回着磁を行った場合（A）、2相のコイルに通電して2回着磁を行った場合（B）、および実施の形態1の電動機で2相のコイルに通電して2回着磁を行った場合（C）について、各相のコイルに作用する電磁力を示すグラフである。

[図21]実施の形態1の着磁工程でコイルに作用する電磁力を示す模式図である。

[図22]実施の形態1による電磁力の低減効果を示す表である。

[図23]実施の形態2のロータを示す断面図である。

[図24]実施の形態2のロータの一部を拡大して示す図（A）およびロータコアの一部を拡大して示す図（B）である。

[図25]実施の形態2の永久磁石の端部の周囲を拡大して示す図である。

[図26]実施の形態2および比較例について、永久磁石の幅と、着磁率99.7%を得るために必要な起磁力との関係を示すグラフである。

[図27]実施の形態2のロータの永久磁石の端部を示す図（A）、3相のコイルに通電して1回着磁を行った場合の永久磁石の端部の磁化分布を示す図（B）、および2相のコイルに通電して2回着磁を行った場合の永久磁石の端部の磁化分布を示す図（C）である。

[図28]実施の形態2のロータの永久磁石の端部を示す図（A）、3相のコイルに通電して1回着磁を行った場合の永久磁石の端部の磁化分布を示す図（B）、および2相のコイルに通電して2回着磁を行った場合の永久磁石の端部の磁化分布を示す図（C）である。

[図29]各実施の形態の電動機が適用可能な圧縮機を示す図である。

[図30]図29の圧縮機を有する冷凍サイクル装置を示す図である。

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の電動機100を示す断面図である。実施の形態1

の電動機100は、回転可能なロータ3と、ロータ3を囲むステータ1とを有する。ステータ1とロータ3との間には、0.25～1.25mmのエアギャップが設けられている。

[0011] 以下では、ロータ3の回転中心である軸線Axの方向を「軸方向」と称する。また、軸線Axを中心とする周方向を「周方向」と称し、図1等に矢印Rで示す。軸線Axを中心とする径方向を「径方向」と称する。なお、図1は、軸方向に直交する断面である。

[0012] 図2は、ロータ3を示す断面図である。ロータ3は、ロータコア30と、ロータコア30に取り付けられた永久磁石40とを有する。ロータコア30は、軸線Axを中心とする円筒形状を有する。ロータコア30は、電磁鋼板を軸方向に積層し、カシメまたはリベット等により一体的に固定したものである。電磁鋼板の板厚は、例えば厚さ0.1～0.7mmである。

[0013] ロータコア30は、外周30aおよび内周30bを有する。ロータコア30の内周30bには、シャフト45が圧入によって固定されている。シャフト45の中心軸は、上述した軸線Axと一致する。

[0014] ロータコア30は、外周30aに沿って複数の磁石挿入孔31を有する。ここでは、6個の磁石挿入孔31が、周方向に等間隔に配置されている。それぞれの磁石挿入孔31には、永久磁石40が1つずつ配置されている。

[0015] 1つの永久磁石40は、1磁極を構成する。永久磁石40の数は6個であるため、ロータ3の極数Pは6である。但し、ロータ3の極数Pは6に限らず、2以上であればよい。なお、1つの磁石挿入孔31に2つ以上の永久磁石40を配置して、当該2つ以上の永久磁石40によって1磁極を構成してもよい。

[0016] 各磁石挿入孔31の周方向中心は、極中心である。極中心を通る径方向の直線を、磁極中心線Cとする。磁極中心線Cは、ロータ3のd軸である。隣り合う磁石挿入孔31の間は、極間部Nである。

[0017] 永久磁石40は、周方向に幅を有し、径方向に厚さを有する平板状の部材である。永久磁石40は、ネオジム(Nd)、鉄(Fe)およびボロン(B

）を含有するネオジム希土類磁石であり、さらにディスプロシウム（Dy）またはテルビウム（Tb）等の重希土類元素を含有してもよい。永久磁石40は、その厚さ方向すなわち径方向に着磁されている。周方向に隣り合う永久磁石40は、磁化方向が互いに反対方向である。

[0018] 図3は、ロータ3の一部を拡大して示す図である。永久磁石40は、径方向外側の磁極面40aと、径方向内側の裏面40bと、周方向両側の側端面40cとを有する。磁極面40aおよび裏面40bは、いずれも磁極中心線Cに直交する面である。永久磁石40の厚さは、磁極面40aと裏面40bとの間隔であり、例えば2.0mmである。

[0019] 磁石挿入孔31は、磁極中心線Cに直交する方向に直線状に延在している。磁石挿入孔31は、径方向外側の外側端縁31aと、径方向内側の内側端縁31bとを有する。磁石挿入孔31の外側端縁31aは永久磁石40の磁極面40aに対向し、磁石挿入孔31の内側端縁31bは永久磁石40の裏面40bに対向している。

[0020] 磁石挿入孔31の内側端縁31bの周方向両端には、永久磁石40の側端面40cに当接する凸部31cが形成されている。凸部31cは、内側端縁31bから磁石挿入孔31の内側に突出している。磁石挿入孔31の凸部31cにより、永久磁石40の磁石挿入孔31内における位置が規制される。

[0021] 磁石挿入孔31の周方向の両端には、フラックスバリア32がそれぞれ形成されている。フラックスバリア32は、磁石挿入孔31の周方向端部からロータコア30の外周に向けて径方向に延在する空隙である。フラックスバリア32は、隣り合う磁極間の漏れ磁束を抑制する作用を奏する。

[0022] 磁石挿入孔31の径方向外側には、スリット33が形成されている。ここでは、径方向に長い8つのスリット33が、磁極中心線Cに対して対称に形成されている。また、8つのスリット33に対して周方向両側に、周方向に長い2つのスリット34が形成されている。但し、スリット33、34の数および配置は任意である。また、ロータコア30がスリット33、34を有さない場合もある。

- [0023] 図2に示すように、ロータコア30を構成する電磁鋼板を一体的に固定するカシメ部39は、極間部の径方向内側に形成されている。但し、カシメ部39の配置は、この位置に限定されるものではない。
- [0024] 磁石挿入孔31の径方向内側には貫通穴36が形成され、カシメ部39の径方向内側には貫通穴37が形成されている。また、カシメ部39の周方向両側には、貫通穴38が形成されている。貫通穴36、37、38はいずれも、ロータコア30の軸方向一端から他端まで延在し、冷媒流路またはリベット穴として用いられる。貫通穴36、37、38の配置は、これらの位置に限定されるものではない。また、ロータコア30が貫通穴36、37、38を有さない場合もある。
- [0025] 図1に示すように、ステータ1は、ステータコア10と、ステータコア10に巻き付けられたコイル2とを有する。ステータコア10は、軸線Axを中心とする環状に形成されている。ステータコア10は、複数の電磁鋼板を軸方向に積層し、カシメ等により一体的に固定したものである。電磁鋼板の板厚は、例えば0.1～0.7mmである。
- [0026] ステータコア10は、環状のコアバック11と、コアバック11から径方向内側に延在する複数のティース12とを有する。コアバック11は、軸線Axを中心とする円筒面である外周面14を有する。コアバック11の外周面14は、円筒状のシェル80の内周面に嵌合している。シェル80は、圧縮機8（図6）の一部であり、磁性材料で形成されている。
- [0027] ティース12は、周方向に等間隔に形成されている。ティース12の径方向内側の先端には、周方向の幅の広い歯先部が形成されている。ティース12の歯先部は、ロータ3に対向している。ティース12には、コイル2が分布巻で巻き付けられている。ティース12の数は、ここでは18であるが、2以上であればよい。
- [0028] 隣り合うティース12の間には、スロット13が形成されている。スロット13の数は、ティース12の数と同じであり、ここでは18個である。スロット13には、コイル2が収容される。

- [0029] コアバック 11 の外周面 14 には、軸線 A x に平行な平面部としての D カット部 15 が形成されている。D カット部 15 は、ステータコア 10 の軸方向の一端から他端まで延在している。D カット部 15 は、軸線 A x を中心として 90 度間隔の 4 か所に形成されている。D カット部 15 とシェル 80 の内周面との間には隙間が生じ、この隙間は冷媒を軸方向に流す流路となる。
- [0030] 図 4 は、ステータ 1 を示す上面図である。コイル 2 U, 2 V, 2 W は、第 1 相のコイルとしての U 相のコイル 2 U と、第 2 相のコイルとしての W 相のコイル 2 W と、第 3 相のコイルとしての V 相のコイル 2 V とを有する。コイル 2 U, 2 V, 2 W はいずれも、アルミニウムまたは銅で形成された導体と、導体を覆う絶縁被膜とを有する。
- [0031] コイル 2 U, 2 V, 2 W はいずれも、軸線 A x を中心とする環状に配置されている。また、コイル 2 U, 2 V, 2 W は、径方向位置が互いに異なる。より具体的には、コイル 2 U は最も径方向内側に位置し、コイル 2 V は最も径方向外側に位置し、コイル 2 W は径方向においてコイル 2 U, 2 V の間に位置している。そのため、コイル 2 U を内層コイル、コイル 2 V を外層コイル、コイル 2 W を中層コイルと称する場合もある。コイル 2 U, 2 V, 2 W は、特に区別する必要がない場合には、コイル 2 とも称する。
- [0032] コイル 2 U は、周方向に配列された 6 個の巻線部 20 U を有する。巻線部 20 U の数は、ロータ 3 の極数 P と同じである。各巻線部 20 U は、スロット 13 に挿入される 2 つのコイルサイド 21 U と、ステータコア 10 の端面に沿って延在する 2 つのコイルエンド 22 U とを有する。
- [0033] 巻線部 20 U は、3 スロットピッチで、言い換えると 3 スロットおきに、巻かれている。すなわち、巻線部 20 U の 1 つのコイルサイド 21 U が挿入されたスロット 13 から数えて 3 つ目のスロットに、巻線部 20 U のもう 1 つのコイルサイド 21 U が挿入される。さらに言い換えると、巻線部 20 U は、2 つのスロット 13 を跨ぐように巻かれている。
- [0034] 隣り合う 2 つの巻線部 20 U は、各 1 つのコイルサイド 21 U が共通のスロット 13 に挿入され、当該スロット 13 から周方向両側にコイルエンド 2

2 Uが延在している。

[0035] 同様に、コイル2 Vは、周方向に配列された6個の巻線部2 0 Vを有する。各巻線部2 0 Vは、スロット1 3に挿入される2つのコイルサイド2 1 Vと、ステータコア1 0の端面に沿って延在する2つのコイルエンド2 2 Vとを有する。

[0036] 巻線部2 0 Vは、3スロットピッチで巻かれている。隣り合う2つの巻線部2 0 Vは、各1つのコイルサイド2 1 Vが共通のスロット1 3に挿入され、当該スロット1 3から周方向両側にコイルエンド2 2 Vが延在している。

[0037] 同様に、コイル2 Wは、周方向に配列された6個の巻線部2 0 Wを有する。各巻線部2 0 Wは、スロット1 3に挿入される2つのコイルサイド2 1 Wと、ステータコア1 0の端面に沿って延在する2つのコイルエンド2 2 Wとを有する。

[0038] 巻線部2 0 Wは、3スロットピッチで巻かれている。隣り合う2つの巻線部2 0 Wは、各1つのコイルサイド2 1 Wが共通のスロット1 3に挿入され、当該スロット1 3から周方向両側にコイルエンド2 2 Wが延在している。

[0039] なお、巻線部2 0 Wのコイルサイド2 1 Wが挿入されたスロット1 3は、巻線部2 0 Uのコイルサイド2 1 Uが挿入されたスロット1 3に対して反時計回りに隣接している。巻線部2 0 Vのコイルサイド2 1 Vが挿入されたスロット1 3は、巻線部2 0 Wのコイルサイド2 1 Wが挿入されたスロット1 3に対して反時計回りに隣接している。そのため、ステータコア1 0の全スロット1 3に、2つのコイルサイドが挿入される。

[0040] 図5は、ステータ1を示す斜視図である。ステータコア1 0の軸方向の一端面1 0 aには、コイルエンド2 2 U, 2 2 W, 2 2 Vが配置されている。コイルエンド2 2 Uの径方向外側にコイルエンド2 2 Wが位置し、コイルエンド2 2 Wの径方向外側にコイルエンド2 2 Vが位置する。図5では隠れているが、ステータコア1 0の軸方向の他端面1 0 bにも、同様にコイルエンド2 2 U, 2 2 W, 2 2 Vが配列されている。

[0041] ここで、実施の形態1のステータ1のコイル2 U, 2 V, 2 Wの上記配置

による作用について説明する。コイル 2 U, 2 V, 2 W の共通の特徴について説明する際には、U, V, W を省略する。巻線部 20 U, 20 V, 20 W、コイルサイド 21 U, 21 V, 21 W およびコイルエンド 22 U, 22 V, 22 W についても同様である。

[0042] 上記の通り、ステータコア 10 は 18 個のスロット 13 を有し、コイル 2 は 6 個の巻線部 20 を有する。そのため、巻極毎相スロット数は、1 である。すなわち、1 磁極に対して、3 相のコイル 2 U, 2 V, 2 W が、3 つのスロット 13 に収納されている。

[0043] コイル 2 の巻線部 20 の数は、極数 P と同数である。また、巻線部 20 は、3 スロットピッチで巻き付けられている。スロットピッチは、機械角で $60^\circ \times 3 / 18 = 60^\circ$ である。また、ロータ 3 の磁極ピッチは、機械角 60° である。スロットピッチと磁極ピッチが一致するため、巻線係数は 1 である。

[0044] コイル 2 の隣り合う 2 つの巻線部 20 は、各 1 つのコイルサイド 21 が共通のスロット 13 に収納されており、当該スロット 13 から周方向両側（時計回りおよび反時計回り）にコイルエンド 22 が延在している。

[0045] 一般に、コイル 2 が分布巻で巻かれた電動機で 3 相 6 極を実現するためには、後述する図 12, 13 に示すように、コイル 2 の巻線部 20 の数を極数 P の半数の 3 個とする。この場合も、ステータ 1 のスロットピッチは 60° であるため、巻線係数は 1 となり、永久磁石 40 の磁束を有効に利用することができる。しかしながら、コイル 2 の巻線部 20 の数が 3 個であるため、それぞれの巻線部 20 が大きくなり、コイル 2 の平均周長も長くなる。

[0046] これに対して、実施の形態 1 では、ステータ 1 のスロットピッチは同じでコイル 2 が 6 個の巻線部 20 に分散されているため、巻線係数 1 を維持したまま、巻線部 20 を小さくすることができる。そのため、コイル 2 の平均周長が短くなり、巻線抵抗を低減することができる。また、巻線抵抗の低減により、コイル 2 での損失が低減し、電動機 100 の効率が向上する。

[0047] また、コイル 2 の平均周長が短くなるため、巻線抵抗を増加させずにコイ

ル2の導体（導線）を細くすることも可能になり、導体の使用量を低減することができる。そのため、電動機100の性能を維持したまま、材料コストを低減することができる。また、コイル2を6個の巻線部20に分散しているため、巻線部20の組み合わせ方によって、コイル2の様々な仕様に対応することができる。

[0048] ＜着磁装置＞

図6は、永久磁石40を着磁するための着磁装置6を示す図である。実施の形態1では、着磁前の永久磁石40を有するロータ3をステータ1に組み込んで電動機100を構成し、電動機100を圧縮機8に組み込んだ状態で、永久磁石40を着磁する。なお、着磁前の永久磁石（すなわち磁性材料）も、説明の便宜上、「永久磁石」と称する。

[0049] 着磁装置6は、着磁用電源としての電源部60を有する。電源部60は、配線L1、L2により、圧縮機8内の電動機100のコイル2に接続されている。

[0050] 図7（A）は、電源部60の構成を示す図である。電源部60は、制御回路61と、昇圧回路62と、整流回路63と、コンデンサ64と、スイッチ65とを有する。

[0051] 制御回路61は、商用電源である交流電源PSから供給される交流電圧の位相を制御する。昇圧回路62は、制御回路61の出力電圧を昇圧する。整流回路63は、交流電圧を直流電圧に変換する。コンデンサ64は、電荷を蓄積する。スイッチ65は、コンデンサ64に蓄積した電荷を放電するためのスイッチである。

[0052] 電源部60で生成された着磁電流は、配線L1、L2を介して、電動機100のコイル2に供給される。電源部60からコイル2に供給される着磁電流の波形は、図7（B）に示すように、スイッチ65のONの直後に、例えば数kAの高いピークを有する波形となる。

[0053] ＜着磁方法＞

次に、実施の形態1の着磁方法について説明する。図8は、実施の形態1

の着磁方法を示すフローチャートである。図8の処理を実行する前に、着磁前の永久磁石40を有するロータ3をステータ1に組み込んで電動機100を構成し、電動機100を圧縮機8に組み込む。また、電源部60の配線L1、L2を、電動機100のコイル2に接続する。

[0054] 図9(A)、(B)、(C)は、ステータ1とロータ3との位置関係を示す模式図である。図9(A)は、ロータ3が基準位置にある状態を示している。

[0055] 図9(A)において、符号Tで示す直線は、着磁磁束の中心を通る径方向の直線であり、着磁磁束中心線Tと称する。着磁磁束は、後述するように、コイル2Wを開放し、コイル2U、2Vを直列接続して着磁電流を流すことによって発生する(図10(A))。

[0056] そのため、着磁磁束中心線Tは、コイル2U、2Vの互いに近い方のコイルサイド21U、21Vが挿入された2つのスロット13の周方向の中間位置を通る。言い換えると、直線Tは、コイル2Wのコイルサイド21Wが挿入されたスロット13の周方向の中心位置を通る。

[0057] ロータ3が図9(A)の基準位置にあるときには、永久磁石40の周方向中心すなわち極中心が、着磁電流によって生じる着磁磁束の中心に対向する。言い換えると、ロータ3が基準位置にあるときには、磁極中心線C(d軸)が着磁磁束中心線Tと一致する。

[0058] 永久磁石40の着磁は、第1の着磁工程と第2の着磁工程とにより行う。第1の着磁工程では、図9(B)に示すように、ロータ3を基準位置から第1の方向に角度 θ だけ回転させる(図8に示すステップS101)。第1の方向は、ここでは、図中反時計回りである。角度 θ は、例えば5~10度である。

[0059] この状態で、電源部60からコイル2U、2Vに着磁電流を流す(ステップS102)。コイル2に流れる着磁電流によって着磁磁束が発生し、この着磁磁束が永久磁石40に流れて永久磁石40を着磁する。

[0060] 第2の着磁工程では、図9(C)に示すように、ロータ3を基準位置から

第2の方向に角度 θ だけ回転させる（図8に示すステップS103）。第2の方向は、ここでは、図中時計回りである。角度 θ は、第1の着磁工程の角度 θ と同じであり、例えば5～10度である。

[0061] この状態で、電源部60からコイル2U、2Vに着磁電流を流す（ステップS104）。コイル2に流れる着磁電流によって着磁磁束が発生し、この着磁磁束が永久磁石40に流れて永久磁石40を着磁する。

[0062] 永久磁石40の着磁が完了すると、電源部60の配線L1、L2を電動機100のコイル2から取り外す。これにより、図8に示した処理が完了する。

[0063] 図10（A）は、着磁装置6の電源部60とコイル2U、2W、2Vとの接続状態を示す図である。上述した第1の着磁工程および第2の着磁工程では、中層コイルであるコイル2Wを開放し、内層コイルであるコイル2Uと外層コイルであるコイル2Vとを直列接続して着磁電流を流す。このようなコイル2U、2Vの直列接続、およびコイル2Wの開放は、例えば、圧縮機8の端子部で行うことができる。端子部は、例えば図29に示すガラス端子309である。

[0064] 図10（B）は、第1の着磁工程における着磁電流と着磁磁束を示す模式図である。上記の通り、コイル2U、2Vには着磁電流が流れ、コイル2Wには着磁電流は流れない。1つの永久磁石40に対向しているコイル2U、2Vの巻線部20U、20Vには同じ向きの着磁電流Iが流れる。着磁電流Iによって着磁磁束が発生して永久磁石40に流れる。

[0065] 図10（C）は、第2の着磁工程における着磁電流と着磁磁束を示す模式図である。第1の着磁工程と同様、コイル2U、2Vには着磁電流が流れ、コイル2Wには着磁電流は流れない。1つの永久磁石40に対向しているコイル2U、2Vの巻線部20U、20Vには同じ向きの着磁電流Iが流れる。着磁電流Iによって着磁磁束が発生して永久磁石40に流れる。

[0066] 第1の着磁工程と第2の着磁工程とでは、着磁磁束中心線Tに対する永久磁石40の角度が反対である。第1の着磁工程では、永久磁石40の一方の

端部側（ここでは図中右側）の領域が特に着磁され、第2の着磁工程では、永久磁石40の他方の端部側（ここでは図中左側）の領域が特に着磁される。

[0067] これにより、永久磁石40の一端部側および他端部側の両方において、着磁磁束の方向と永久磁石40の磁化容易方向とを平行に近づけて着磁を行うことができる。なお、永久磁石40の磁化容易方向は、永久磁石40の厚さ方向である。また、端部側とは、永久磁石40の幅方向の中央から端部までの範囲を言う。

[0068] 図9（B）、（C）に示したようにロータ3の回転位置を変えて第1の着磁工程と第2の着磁工程とを行うことを、2回着磁と称する。これに対し、ロータ3を図9（A）の基準位置に位置させて1回だけ着磁工程を行うことを、1回着磁と称する。

[0069] <一般的な着磁装置>

実施の形態1の作用を説明する前に、一般的な着磁装置について説明する。図11（A）は、一般的な着磁装置9の着磁ヨーク90を示す断面図であり、図11（B）は、着磁装置9の全体を示す図である。

[0070] 着磁装置9は、ステータ1のコイル2ではなく、図11（A）に示す専用の着磁ヨーク90のコイル92を用いて永久磁石40を着磁する。着磁ヨーク90は、磁性材料で形成された環状の磁性材料であり、周方向に6つのスロット91を有する。着磁ヨーク90には、コイル92が巻かれている。

[0071] 着磁装置9は、また、図11（B）に示すように、電源部93と、電源部93とコイル92とを接続するリード線94と、基台95と、基台95上で着磁ヨーク90を支持する支持部96とを有する。

[0072] 永久磁石40を着磁する際には、着磁前の永久磁石40を有するロータ3を、着磁ヨーク90の内側に配置する。電源部93からコイル92に着磁電流を流すことにより、着磁ヨーク90に着磁磁界を生じさせ、ロータ3の永久磁石40を着磁する。

[0073] 着磁ヨーク90は、永久磁石40の着磁専用設計されているため、コイ

ル 9 2 を十分に太くして強度を高めることができる。そのため、コイル 9 2 に着磁電流が流れることで電磁力が発生しても、コイル 9 2 の損傷は生じにくい。

[0074] 但し、着磁ヨーク 9 0 を用いた場合、永久磁石 4 0 を着磁した後でロータ 3 をステータ 1 に組み込む必要があり、その際に、ロータ 3 とステータ 1 との間に強い磁気吸引力が作用する。この磁気吸引力のため、ロータ 3 のステータ 1 への組み込みが難しくなり、電動機 1 0 0 の組立性が低下する。

[0075] また、永久磁石 4 0 の磁力によりロータ 3 に鉄粉等が付着する可能性もある。鉄粉等が付着した状態でロータ 3 がステータ 1 に組み込まれると、電動機 1 0 0 の性能低下の原因となる。

[0076] <比較例>

図 1 2 は、比較例のステータ 1 C を示す上面図である。ステータ 1 C は、ステータコア 1 0 と、ステータコア 1 0 に分布巻で巻かれたコイル 2 U, 2 V, 2 W とを有する。ステータコア 1 0 の構成は、実施の形態 1 のステータコア 1 0 と同様である。

[0077] コイル 2 U, 2 V, 2 W は、U 相のコイル 2 U と、W 相のコイル 2 W と、V 相のコイル 2 V とを有する。コイル 2 U は最も径方向内側すなわち内周側に位置し、コイル 2 V は最も径方向外側すなわち外周側に位置する。コイル 2 W は、コイル 2 U の外周側からコイル 2 W の内周側に引き回されている。

[0078] コイル 2 U は、3 個の巻線部 2 0 U を有する。巻線部 2 0 U の数は、ロータ 3 の極数 P の半数である。巻線部 2 0 U は、スロット 1 3 に挿入される 2 つのコイルサイド 2 1 U と、ステータコア 1 0 の端面に沿って延在する 2 つのコイルエンド 2 2 U とを有する。

[0079] また、コイル 2 V は、3 個の巻線部 2 0 V を有する。巻線部 2 0 V は、スロット 1 3 に挿入される 2 つのコイルサイド 2 1 V と、ステータコア 1 0 の端面に沿って延在する 2 つのコイルエンド 2 2 V とを有する。

[0080] 同様に、コイル 2 W は、3 個の巻線部 2 0 W を有する。巻線部 2 0 W は、スロット 1 3 に挿入される 2 つのコイルサイド 2 1 W と、ステータコア 1 0

の端面に沿って延在する２つのコイルエンド２２Ｗとを有する。

[0081] 図１３は、ステータ１Ｃを示す斜視図である。ステータコア１０の端面１０ａ、１０ｂには、コイルエンド２２Ｕ、２２Ｗ、２２Ｖが配置されている。コイルエンド２２Ｕは内周側に配置され、コイルエンド２２Ｖは外周側に配置され、コイルエンド２２Ｗはコイルエンド２２Ｕの外周側からコイルエンド２２Ｖの内周側に引き回されている。

[0082] 図１４（Ａ）は、比較例の着磁装置の電源部６０とコイル２Ｕ、２Ｖ、２Ｗとの接続状態を示す図である。ステータ１Ｃにロータ３（図２）を組み込んだ状態で、永久磁石４０の着磁を行う。

[0083] 着磁工程では、ステータ１Ｃのコイル２Ｖ、２Ｗを並列接続し、これをコイル２Ｕと直列接続する。そのため、コイル２Ｕに流れる着磁電流を１とすると、コイル２Ｖに流れる着磁電流は $1/2$ となり、コイル２Ｗに流れる着磁電流も $1/2$ となる。

[0084] 図１４（Ｂ）は、比較例の着磁工程における電流と磁束の流れを示す図である。比較例では、コイル２Ｕに永久磁石４０が対向した状態、すなわちコイル２Ｕの周方向中心と永久磁石４０の周方向中心（極中心）とが対向している状態で、永久磁石４０の着磁を行う。

[0085] 上記の通り、コイル２Ｕには着磁電流１が流れ、コイル２Ｖ、２Ｗには着磁電流 $1/2$ が流れる。コイル２Ｕに対向している永久磁石４０の中央部には、多くの磁束が流れる。コイル２Ｖ、２Ｗに対向している永久磁石４０の端部には、比較的少ない磁束が流れる。

[0086] 比較例では、ステータ１Ｃにロータ３（図２）を組み込んだ状態で永久磁石４０の着磁を行うことができるため、着磁ヨーク９０（図１１（Ａ））を用いた場合と比較して、生産性が向上する。但し、ステータ１Ｃのコイル２Ｕ、２Ｖ、２Ｗは、着磁ヨーク９０のコイル９２よりも細いため、着磁電流によって生じる電磁力で損傷する可能性がある。

[0087] ＜着磁電流によって生じる電磁力＞

次に、着磁工程でコイル２に発生する電磁力について説明する。図１５（

A), (B)は、電磁力の発生原理を示す模式図である。ここでは、2本の導体2A, 2Bが平行に並んでおり、導体2Aに電流 I_A [A]が流れ、導体2Bに電流 I_B [A]が流れているものとし、導体2A, 2B間の距離を D [m]とする。

[0088] 導体2A, 2Bには、単位長さ当たり、以下の式(1)で示すローレンツ力である電磁力 F [N/m]が作用する。

$$F = \mu_0 \times I_A \times I_B / (2\pi \times D) \cdots (1)$$

μ_0 は真空の透磁率であり、 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ [H/m]である。

[0089] 図15(A)に示すように、電流 I_A と電流 I_B が同一方向に流れる場合、導体2Aと導体2Bには互いに吸引される方向に電磁力 F が作用する。一方、図15(B)に示すように、電流 I_A と電流 I_B とが逆方向に流れる場合、導体2Aと導体2Bには互いに反発する方向に電磁力 F が作用する。

[0090] 図15(C)は、比較例においてコイル2U, 2V, 2W(図12)に作用する電磁力を示す模式図である。コイル2Uとコイル2Vとが対向している部分、およびコイル2Uとコイル2Wとが対向している部分では、電流が反対方向に流れるため、互いに反発する方向に大きな電磁力が作用する。コイル2Vとコイル2Wとが対向している部分では、電流が同一方向に流れるため、互いに吸引される方向に小さな電磁力が作用する。

[0091] 着磁工程では、これらの電磁力が瞬間的にコイル2に作用するため、コイル2を構成する導体の損傷または変形を生じ、また、導体を覆う被膜の損傷による絶縁不良を生じる可能性がある。

[0092] 上記の式(1)から、電磁力は、図15(A)に示した導体2A, 2Bの間隔 D を広げるか、または電流 I_A , I_B を少なくすることで低減可能である。しかしながら、導体2A, 2Bの間隔 D を広げると、コイル2の相互の間隔を広げることになるため、スロット13内の占積率の低下あるいはコイル2の周長増加を招き、実用的でない。そのため、電流 I_A , I_B 、すなわちコイル2に流れる着磁電流を少なく抑えることが望まれる。

[0093] <着磁電流>

次に、実施の形態１において永久磁石４０の着磁に必要な着磁電流について、比較例と対比して説明する。図１６（Ａ）は、図１４（Ａ）、（Ｂ）を参照して説明した比較例の着磁工程における着磁磁束を、有限要素法により解析した結果を示す図である。磁束線が密集している部分では磁束密度が高く、磁束線が疎の部分では磁束密度が低い。

[0094] 比較例では、図１４（Ａ）を参照して説明した通り、コイル２Ｕに永久磁石４０が対向している状態で、永久磁石４０の着磁を行う。そのため、永久磁石４０には、３つのティース１２が対向している。永久磁石４０の中央部には、３つのうちの中央のティース１２から着磁磁束が流入する。永久磁石４０の両端部には、３つのうちの両端のティース１２から着磁磁束が流入する。

[0095] 図１６（Ｂ）は、永久磁石４０の磁化分布を有限要素法で解析した結果を示す図である。図１６（Ｂ）では、矢印の向きが磁化方向を示し、矢印の長さが磁化の強さを示している。矢印Ｗは、永久磁石４０の幅方向を示している。永久磁石４０は、幅方向の全域に亘って均等に着磁されていることが分かる。

[0096] 図１７（Ａ）は、実施の形態１の電動機１００において、ロータ３を図９（Ａ）に示した基準位置に位置させて１回着磁を行った場合の着磁磁束を、有限要素法により解析した結果を示す図である。

[0097] 実施の形態１の電動機１００が基準位置にある場合、永久磁石４０の中央部には、電流が流れていないコイル２Ｗ（図９（Ａ））が収容されたスロット１３が対向している。永久磁石４０には、当該スロット１３の両側のティース１２から、着磁磁束が流入する。

[0098] 図１７（Ｂ）は、永久磁石４０の磁化分布を有限要素法で解析した結果を示す図である。矢印Ｗは、永久磁石４０の幅方向を示している。永久磁石４０は、幅方向の中央部では十分に着磁されているが、幅方向の端部（図１７（Ｂ）に符号Ｅで示す）では着磁が不十分であることが分かる。

[0099] 図１８（Ａ）、（Ｂ）は、実施の形態１の電動機１００において、ロータ

3を図9（B），（C）に示した回転位置に位置させて2回着磁を行った場合の着磁磁束を、有限要素法により解析した結果を示す図である。

[0100] 図18（A）に示すように、第1の着磁工程では、ロータ3は基準位置から角度 θ だけ反時計回りに回転した回転位置にある。この状態では、永久磁石40の一端部側（ここでは図中右側）において、永久磁石40の磁化容易方向と平行に近い方向に、着磁磁束が流れる。なお、永久磁石40の磁化容易方向は、上記の通り、永久磁石40の厚さ方向である。

[0101] 図18（B）に示すように、第2の着磁工程では、ロータ3は基準位置から角度 θ だけ時計回りに回転した回転位置にある。この状態では、永久磁石40の他端部側（ここでは図中左側）において、永久磁石40の磁化容易方向と平行に近い方向に、着磁磁束が流れる。

[0102] このように第1の着磁工程と第2の着磁工程を行うことで、永久磁石40の一端部側と他端部側の両方において、着磁磁束の方向と磁化容易方向とを平行に近づけて着磁を行うことができる。

[0103] 図18（C）は、永久磁石40の磁化分布を有限要素法で解析した結果を示す図である。矢印Wは、永久磁石40の幅方向を示している。永久磁石40は、幅方向の全域に亘って均等に着磁されていることが分かる。

[0104] 図19は、第1の着磁工程と第2の着磁工程における角度 θ と、永久磁石40の着磁率99.7 [%]を得るために必要な起磁力との関係を示すグラフである。着磁率 [%] は、完全着磁を100 [%]とした場合の着磁の程度を示す。起磁力 [k A · T] は、コイル2に流れる電流 [k A] とコイル2の巻数 [T] との積であり、ここではU相のコイル2 Uを流れる電流 [k A] と当該コイル2 Uの巻数 [T] との積である。以下では、永久磁石40の着磁率99.7 [%]を得るために必要な起磁力を、着磁起磁力と称する。

[0105] 図19において、実施の形態1のデータは、実施の形態1の電動機100を用い、ロータ3を基準位置から第1の方向と第2の方向に角度 θ だけ回転させた状態で、図10（A）に示したようにコイル2 U，2 Vに着磁電流を

流した場合、すなわち2相通電で2回着磁を行った場合のデータである。なお、角度 $\theta = 0$ のデータは、1回着磁を行った場合のデータである。

[0106] また、比較例のデータは、比較例のステータ1C（図12）にロータ3を組み込み、ロータ3を基準位置から第1の方向と第2の方向に角度 θ だけ回転させた状態で、図14（A）に示したようにコイル2U，2V，2Wに着磁電流を流した場合、すなわち3相通電で2回着磁を行った場合のデータである。なお、角度 $\theta = 0$ の場合のデータは、1回着磁を行った場合のデータである。

[0107] 図19から、1回着磁の場合（すなわち角度 $\theta = 0$ の場合）には、実施の形態1における着磁起磁力は、比較例における着磁起磁力よりも大きい。しかしながら、角度 θ が増加すると、実施の形態1における着磁起磁力は小さくなり、角度 θ が5度以上になると、比較例における着磁起磁力を下回る。

[0108] 比較例における着磁起磁力は、角度 θ が7.5度のときに最も小さく、50.8kATである。これに対し、実施の形態1における着磁起磁力は、角度 θ が10度のときに最も小さく、44.1kATである。すなわち、実施の形態1における着磁起磁力は、比較例の着磁起磁力に対して13.2%減少している。

[0109] 着磁起磁力が13.2%減少することは、着磁電流が13.2%減少することを意味する。上記の通り、コイル2間に作用する電磁力は着磁電流の2乗に比例する。着磁電流が13.2%減少すると、 $(100 - 13.2)^2 = 75.3$ より、コイル2間に作用する電磁力は24.7%減少する。

[0110] <着磁工程で発生する電磁力>

次に、永久磁石40の着磁のための着磁電流によってコイル2U，2V，2Wに生じる電磁力の解析結果について説明する。電磁力は、図15（A），（B）を参照して説明した電磁力、すなわちローレンツ力である。

[0111] 図20（A）は、比較例のステータ1C（図12）にロータ3を組み込み、ロータ3を基準位置に位置させた状態でコイル2U，2V，2Wの3相に着磁電流を流した場合、すなわち3相通電で1回着磁を行った場合に生じる

電磁力の解析結果を示す。ここでは、着磁率 99.7 を得るために必要な起磁力を、69.8 kAT している。

[0112] 図 20 (A) の横軸において、U-VW 通電は、コイル 2V, 2W を並列接続してコイル 2U と直列接続した場合 (図 14 (A)) を示す。同様に、V-UW 通電は、コイル 2U, 2W を並列接続してコイル 2V と直列接続した場合を示す。W-UV 通電は、コイル 2U, 2V を並列接続してコイル 2W と直列接続した場合を示す。縦軸は、コイル 2U, 2V, 2W に生じる電磁力を示す。

[0113] コイル 2V, 2W を並列接続してコイル 2U と直列接続した場合には、コイル 2U に着磁電流 I が流れ、コイル 2V, 2W に着磁電流 $I/2$ がそれぞれ流れる (図 14 (A) 参照)。この場合、コイル 2U に生じる電磁力が最も大きく、3000 N である。

[0114] 同様に、コイル 2U, 2W を並列接続してコイル 2V と直列接続した場合には、コイル 2V に生じる電磁力が最も大きく、3696 N である。コイル 2U, 2V を並列接続してコイル 2W と直列接続した場合には、コイル 2W に生じる電磁力が最も大きく、3043 N である。

[0115] 図 20 (B) は、比較例のステータ 1C (図 12) にロータ 3 を組み込み、ロータ 3 を基準位置から第 1 の方向と第 2 の方向に角度 θ だけ回転させた状態で、コイル 2U, 2V, 2W のうちの 2 相に着磁電流を流した場合、すなわち 2 相通電で 2 回着磁を行った場合に生じる電磁力の解析結果を示す。ここでは、着磁率 99.7 を得るための起磁力を、44.1 kAT としている。

[0116] 図 20 (B) の横軸において、VW 通電は、コイル 2U を開放してコイル 2V, 2W を直列接続した場合を示す。同様に、UV 通電は、コイル 2W を開放してコイル 2U, 2V を直列接続した場合 (図 10 (A)) を示す。UW 通電は、コイル 2V を開放してコイル 2U, 2W を直列接続した場合を示す。縦軸は、コイル 2U, 2V, 2W に生じる電磁力を示す。

[0117] コイル 2U を開放してコイル 2V, 2W を直列接続した場合には、コイル

2 Vに生じる電磁力が最も大きく、1647 Nである。この値は、図20 (A)のU-VW通電における電磁力3000 Nと比較すると、45.1%減少している。

[0118] 同様に、コイル2Wを開放してコイル2U, 2Vを直列接続した場合には、コイル2Vに生じる電磁力が最も大きく、1578 Nである。コイル2Vを開放してコイル2U, 2Wを直列接続した場合には、コイル2Wに生じる電磁力が最も大きく、1515 Nである。いずれの場合も、3相通電で1回着磁を行った場合(図20 (A))に対して、着磁起磁力が大幅に低減している。

[0119] 図20 (C)は、実施の形態1の電動機100において、ロータ3を基準位置から第1の方向と第2の方向に角度 θ だけ回転させた状態で、コイル2U, 2V, 2Wのうちの2相に着磁電流を流した場合、すなわち2相通電で2回着磁を行った場合に生じる電磁力の解析結果を示す。ここでは、着磁率99.7を得るための起磁力を、44.1 kATとしている。

[0120] 図20 (C)の横軸において、VW通電は、コイル2Uを開放してコイル2V, 2Wを直列接続した場合を示す。同様に、UV通電は、コイル2Wを開放してコイル2U, 2Vを直列接続した場合(図10 (A))を示す。UW通電は、コイル2Vを開放してコイル2U, 2Wを直列接続した場合を示す。縦軸は、コイル2U, 2V, 2Wに生じる電磁力を示す。

[0121] コイル2Uを開放してコイル2V, 2Wを直列接続した場合には、コイル2Wに生じる電磁力が最も大きく、787 Nである。この値は、図20 (B)のVW通電における電磁力1647 Nと比較すると、52.2%減少している。

[0122] 同様に、コイル2Wを開放してコイル2U, 2Vを直列接続した場合には、コイル2Vに生じる電磁力が最も大きく、623 Nである。コイル2Vを開放してコイル2U, 2Wを直列接続した場合には、コイル2Uに生じる電磁力が最も大きく、722 Nである。いずれの場合も、比較例(図20 (A), (B))に対して、着磁起磁力が大幅に低減している。

[0123] 図21は、実施の形態1におけるコイル2U, 2V, 2Wに作用する電磁力を説明するための模式図である。上述した図20(C)において、コイル2Wを開放してコイル2U, 2Vを直列接続した場合、電磁力は最大でも623Nである。これは、コイル2Uを開放してコイル2V, 2Wを直列接続した場合、およびコイル2Vを開放してコイル2U, 2Wを直列接続した場合よりも小さい。

[0124] 図5を参照して説明したように、コイル2U, 2Vのコイルエンド22U, 22Vの間には、コイル2Wのコイルエンド22Wが位置しており、従ってコイルエンド22U, 22Vは互いに離間している。そのため、コイル2Wに電流を流さず、コイル2U, 2Vに電流を流した場合には、電流が流れるコイルエンド22U, 22Vの間隔(図21に符号Gで示す)が広いため、コイルエンド22U, 22Vの間に発生する電磁力を小さくすることができる。

[0125] これに対し、コイル2U, 2Wに電流を流した場合、あるいはコイル2V, 2Wに電流を流した場合には、コイルエンド22U, 22Wの間隔、あるいはコイルエンド22V, 22Wの間隔が狭いため、発生する電磁力が大きくなる。

[0126] 図22は、図20(A)～(C)に示した着磁起磁力の値を、図20(A)におけるU-VW通電の値(3000N)を基準とした相対値で示す表である。

[0127] 図22に示されているように、比較例のステータ1Cにロータ3を組み込み、3相通電で1回着磁を行った場合のU-VW通電時の着磁起磁力(100%)に対し、2相通電で2回着磁を行った場合のVW通電時の着磁起磁力は55%まで低減する。さらに、実施の形態1の電動機において2相通電で2回着磁を行った場合には、VW通電時の着磁起磁力が26%まで低減する。さらに、UV通電時の着磁起磁力は21%まで低減する。

[0128] なお、実施の形態1では、図4を参照して説明したように、各相のコイル2U, 2V, 2Wの巻線部20U, 20V, 20Wの数は極数と同数であり

、1つのスロット13に同一相の2つのコイルサイド21が挿入されている。そのため、コイル2U、2V、2Wのそれぞれのコイル断面積は、比較例の1/2である。

[0129] 従って、実施の形態1における着磁起磁力が比較例（3相通電、1回着磁）に対して21%まで低減した場合、着磁電流による電磁力によってコイル2に生じる応力は、当該比較例に対して $21\% \times 2 = 42\%$ まで低減することになる。その結果、着磁電流によってコイル2に生じる応力は、当該比較例に対して58%低減されることになる。

[0130] <永久磁石の構成材料>

次に、実施の形態1の永久磁石40の構成材料について説明する。永久磁石40は、鉄、ネオジムおよびボロンを含有するネオジム希土類磁石で構成されている。ネオジム希土類磁石には、保磁力を高めるため、ディスプロシウムを添加することが望ましい。但し、ディスプロシウムの含有量が多いと、製造コストの上昇につながる。そのため、製造コストを低減するために、ディスプロシウムの含有量は4重量%以下とすることが望ましい。

[0131] 一般に、ネオジム希土類磁石におけるディスプロシウムの含有量を少なくすると、保磁力が低下する。そのため、永久磁石40は、ディスプロシウムの含有量を少なくしたことによる減磁を抑制するために、十分な厚さを有している。一方、永久磁石40は、厚さが増加するほど着磁しにくくなるため、永久磁石40の着磁に必要な電流が増加する。

[0132] 実施の形態1では、永久磁石40の幅方向の一端部側および他端部側の両方で、着磁磁束の方向と磁化容易方向とを平行に近づけて着磁を行うことができる（図18（A）、（B）参照）。そのため、永久磁石40におけるディスプロシウムの含有量が4重量%以下であっても、永久磁石40の着磁に必要な着磁電流を低減することができる。

[0133] また、永久磁石40におけるディスプロシウムの含有量の低減に伴う保磁力の低下をできるだけ小さく抑えるためには、ディスプロシウムを拡散処理することが望ましい。但し、ディスプロシウムを拡散処理すると、着磁性が

低下し、着磁に必要な電流が増加する。

[0134] 実施の形態1では、永久磁石40の一端部側および他端部側の両方で、着磁磁束の方向と磁化容易方向とを平行に近づけて着磁を行うことができる。そのため、保磁力低下の抑制のためにディスプロシウムを拡散処理したロータにおいても、永久磁石40の着磁に必要な着磁電流を小さく抑えることができる。

[0135] また、永久磁石40には、ディスプロシウムの代わりに、テルビウムを添加してもよい。テルビウムの含有量が多いと製造コストの上昇につながるため、テルビウムの含有量は4重量%以下とすることが望ましい。また、ディスプロシウムの含有量の低減に伴う保磁力低下をできるだけ小さく抑えるため、ディスプロシウムを拡散処理することが望ましい。

[0136] この場合も、ディスプロシウムについて説明したように、永久磁石40の厚さを厚くし、またテルビウムを拡散処理することによって着磁電流が増加する。しかしながら、実施の形態1では永久磁石40の一端部側および他端部側の両方で着磁磁束の方向と磁化容易方向とを平行に近づけて着磁を行うことができるため、着磁電流を小さく抑えることができる。

[0137] <実施の形態の効果>

以上説明したように、実施の形態1では、P個の磁極を有するロータ3と、3相のコイル2U、2V、2Wを有するステータ1とを有する。3相のコイル2U、2V、2Wは、最も径方向内側の第1相(U相)のコイル2Uと、最も径方向外側の第2相(V相)のコイル2Vと、径方向においてコイル2U、2Vの間に配置される第3相(W相)のコイル2Wとを有する。コイル2U、2V、2Wはいずれも、P個の巻線部20U、20V、20Wを有し、これら巻線部20U、20V、20Wのうち隣り合う2つの巻線部は、1つのスロット13に挿入されて当該スロット13から周方向両側に延在する。永久磁石40は、ロータ3を基準位置から第1の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行う第1の着磁工程と、ロータ3を基準位置から第2の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行う第2の着磁工程によって着磁されている。

第1の着磁工程および第2の着磁工程のいずれも、コイル2Wを開放し、コイル2U、2Vを直列接続して着磁電流を流すことによって行われる。

[0138] このように、コイル2U、2Vを直列接続して着磁電流を流し、両者の間のコイル2Wには着磁電流を流さないことにより、着磁電流によってコイル2U、2V、2Wに生じる電磁力を低減し、コイル2U、2V、2Wの損傷を抑制することができる。また、第1の着磁工程と第2の着磁工程により、永久磁石40の一端部側および他端部側の両方で、着磁磁束の方向と磁化容易方向とを平行に近づけて着磁を行うことができるため、永久磁石40を均一に着磁することができる。

[0139] また、巻線係数が1であり、各コイル2が極数Pと同数の巻線部20に分散されているため、永久磁石40の磁束を有効に利用することができ、また、各コイル2の平均周長を短くし、巻線抵抗を小さくして銅損を低減することができる。

[0140] また、永久磁石40を均一に着磁することができるため、永久磁石40のディスプロシウムまたはテルビウムの含有量を少なく抑えた場合であっても、着磁電流を小さく抑えることができる。

[0141] 実施の形態2.

次に、実施の形態2について説明する。図23は、実施の形態2の電動機のロータ3Aを示す断面図である。実施の形態2の電動機は、ロータ3Aの磁石挿入孔31および永久磁石40が、実施の形態1の電動機100と異なる。

[0142] 図24(A)は、ロータ3Aの磁石挿入孔31および永久磁石40の周囲を拡大して示す断面図である。図24(B)は、ロータ3Aのロータコア30の磁石挿入孔31の周囲を拡大して示す断面図である。

[0143] 図24(A)に示すように、永久磁石40は、径方向外側の磁極面40aと、径方向内側の裏面40bと、周方向両側の側端面40cとを有する。磁極面40aおよび裏面40bは、いずれも磁極中心線Cに直交する面である。永久磁石40の厚さは、磁極面40aと裏面40bとの間隔であり、例え

ば2.0mmである。

- [0144] 磁石挿入孔31は、磁極中心線Cに直交する方向に直線状に延在している。磁石挿入孔31は、径方向外側の外側端縁31aと、径方向内側の内側端縁31bとを有する。磁石挿入孔31の外側端縁31aは永久磁石40の磁極面40aに対向し、磁石挿入孔31の内側端縁31bは永久磁石40の裏面40bに対向している。
- [0145] 磁石挿入孔31の周方向の両側には、フラックスバリア32がそれぞれ形成されている。フラックスバリア32は、磁石挿入孔31の周方向端部からロータコア30の外周に向けて径方向に延在する空隙である。フラックスバリア32は、隣り合う磁極間の漏れ磁束を抑制するために設けられる。
- [0146] 磁石挿入孔31の内側端縁31bの周方向両側には、永久磁石40の側端面40cに当接する凸部51が形成されている。凸部51は、フラックスバリア32の磁石挿入孔31側の根元部に形成されている。磁石挿入孔31の凸部51により、永久磁石40の磁石挿入孔31内における位置が規制される。
- [0147] 磁石挿入孔31の内側端縁31bと凸部51との間には、半円形の溝部52が形成されている。溝部52は、電磁鋼板の打ち抜き加工時に内側端縁31bと凸部51との角部に丸みが生じないようにするためのものである。
- [0148] 図24(A)に示すように、永久磁石40の磁極中心線Cに直交する方向の幅を、幅W1とする。幅W1は、永久磁石40の一对の側端面40cの間隔でもある。図24(B)に示すように、磁石挿入孔31の外側端縁31aの磁極中心線Cに直交する方向の幅を、幅W2とする。
- [0149] 永久磁石40の幅W1と、磁石挿入孔31の幅W2とは、 $W1 > W2$ を満足する。ここでは、永久磁石40の幅W1は39mmであり、磁石挿入孔31の幅W2は38.4mmである。
- [0150] 永久磁石40の幅W1が広いほど、ステータ1のコイル2に鎖交する磁束が増加し、電動機の出力が向上する。また、電動機の出力を向上する代わりに、コイル2に流れる電流の電流値を小さくし、銅損を低減することもでき

る。

[0151] 図25は、磁石挿入孔31の端部の周囲を拡大して示す図である。図25に示すように、永久磁石40の幅方向端部は、磁石挿入孔31の外側端縁31aよりも外側にはみだしており、フラックスバリア32内に位置している。

[0152] 永久磁石40の着磁方法は、実施の形態1で説明した通りである。すなわち、図10(A)に示したように、コイル2U, 2V, 2Wのうち、コイル2Wを開放し、コイル2U, 2Vを直列接続して着磁電流を流す。また、図9(B), (C)を参照して説明したようにロータ3Aを基準位置から第1の方向と第2の方向に角度 θ だけ回転させて、第1の着磁工程と第2の着磁工程とを行う。

[0153] 図26は、永久磁石40の幅 $W1$ と、着磁率99.7%を得るために必要な起磁力(着磁起磁力)との関係を示す図である。図26には、実施の形態2のロータ3Aを図4のステータ1の内側に組み込み、実施の形態1で説明した2相通電による2回着磁を行った場合のデータを示す。併せて、ロータ3Aを比較例のステータ1C(図12)の内側に組み込み、3相通電による1回着磁を行った場合のデータも示す。

[0154] ロータ3Aを比較例のステータ1C(図12)の内側に組み込み、3相通電による1回着磁を行った場合には、永久磁石40の幅が増加するにつれて、着磁起磁力が増加している。これは、永久磁石40の幅方向端部が磁石挿入孔31の外側端縁31aよりも外側にはみ出しているため、着磁磁束が永久磁石40の端部に到達しにくいためである。

[0155] これに対し、実施の形態2のロータ3Aを図4のステータ1の内側に組み込み、2相通電による2回着磁を行った場合には、永久磁石40の幅が増加しても、着磁起磁力の増加が見られない。これは、ロータ3Aを基準位置に対して第1の方向と第2の方向に角度 θ だけ回転させて第1の着磁工程と第2の着磁工程を行うことにより、永久磁石40の幅 $W1$ が増加しても、永久磁石40の幅方向端部に着磁磁束が到達しやすくなるためである。

- [0156] 図27(A)は、実施の形態1のロータ3における永久磁石40の端部の周囲を拡大して示す図である。図27(A)に示すように、実施の形態1のロータ3では、永久磁石40の幅は33mmであり、磁石挿入孔31の外側端縁31aの幅は38.4mmであるため、永久磁石40の幅の方が短い。そのため、永久磁石40の幅方向端部は、磁石挿入孔31の外側端縁31aからはみ出していない。
- [0157] 図27(B)は、実施の形態1のロータ3を比較例のステータ1C(図12)の内側に組み込み、3相通電による1回着磁を行った場合の永久磁石40の端部(図27(A)において円Aで囲まれた部分)の磁化分布の解析結果を示す模式図である。
- [0158] 図27(C)は、実施の形態1のロータ3を図4のステータ1の内側に組み込み、2相通電による2回着磁を行った場合の永久磁石40の端部(図27(A)において円Aで囲まれた部分)の磁化分布の解析結果を示す模式図である。
- [0159] 図27(B), (C)に示すように、いずれの着磁方法を用いた場合も、永久磁石40の幅方向端部まで均一に着磁されており、永久磁石40の着磁率は99.7%である。これは、永久磁石40の幅方向端部が磁石挿入孔31の外側端縁31aからはみ出していないため、着磁磁束が永久磁石40の端部まで到達しやすいことによる。
- [0160] 図28(A)は、実施の形態2のロータ3Aにおける永久磁石40の端部の周囲を拡大して示す図である。図28(A)に示すように、実施の形態2のロータ3Aでは、永久磁石40の幅は39mmであり、磁石挿入孔31の外側端縁31aの幅は38.4mmであるため、永久磁石40の幅の方が長い。そのため、永久磁石40の幅方向端部が、磁石挿入孔31の外側端縁31aからはみ出している。
- [0161] 図28(B)は、実施の形態2のロータ3Aを比較例のステータ1C(図12)の内側に組み込み、3相通電による1回着磁を行った場合の永久磁石40の端部(図28(A)において円Aで囲まれた部分)の磁化分布の解析

結果を示す模式図である。

[0162] 図28(B)に示すように、3相通電による1回着磁を行った場合、永久磁石40の端部の内周側の角部に、着磁が不十分な部分が生じる。永久磁石40の着磁率は、99.5%である。

[0163] 図28(C)は、実施の形態2のロータ3Aを図4のステータ1の内側に組み込み、2相通電による2回着磁を行った場合の永久磁石40の端部(図28(A)において円Aで囲まれた部分)の磁化分布を示す模式図である。

[0164] 図28(C)に示すように、2回着磁を行った場合、永久磁石40の端部における着磁が不十分な部分は減少している。永久磁石40の着磁率は、99.7%である。すなわち、2回着磁を行うことにより、永久磁石40の端部まで着磁磁束が到達しやすくなり、その結果、幅の広い永久磁石40であっても良好な着磁特性を得ることができる。

[0165] 以上説明したように、実施の形態2では、永久磁石40の幅W1が磁石挿入孔31の外側端縁31aの幅W2よりも長いため($W1 > W2$)、ステータ1のコイル2に鎖交する磁束を増加させ、電動機の出力が向上することができる。また、電動機の出力を向上する代わりに、コイル2に流れる電流の電流値を小さくし、銅損を低減することもできる。

[0166] また、ロータ3Aの回転位置を変えて2回着磁を行うことにより、永久磁石40の幅W1を広くした場合であっても、永久磁石40の幅方向端部まで十分に着磁することができ、良好な着磁特性を得ることができる。

[0167] なお、実施の形態1, 2では、磁石挿入孔31が磁極中心線Cに直交する方向に直線状に延在していたが、磁石挿入孔31は径方向内側に凸となるようにV字状に延在していてもよい。また、各磁石挿入孔31には、2つ以上の永久磁石を配置してもよい。その場合にも、1つの磁石挿入孔31が1磁極に対応する。

[0168] また、実施の形態1, 2では、コイル2Uが最も径方向内側に配置され、コイル2Vが最も径方向外側に配置され、コイル2Wがコイル2U, 2Vの間に配置されていたが、このような配置に限らず、第1相、第2相および第

3相のコイルが径方向の異なる位置に配置されていればよい。

[0169] <圧縮機>

次に、上述した各実施の形態の電動機が適用可能な圧縮機300について説明する。図29は、圧縮機300を示す断面図である。圧縮機300は、図6に示した圧縮機8である。圧縮機300は、ここではスクロール圧縮機であるが、これに限定されるものではない。

[0170] 圧縮機300は、シェル307と、シェル307内に配設された圧縮機構305と、圧縮機構305を駆動する電動機100と、圧縮機構305と電動機100とを連結するシャフト45と、シャフト45の下端部を支持するサブフレーム308とを備えている。

[0171] 圧縮機構305は、渦巻部分を有する固定スクロール301と、固定スクロール301の渦巻部分との間に圧縮室を形成する渦巻部分を有する揺動スクロール302と、シャフト45の上端部を保持するコンプライアンスフレーム303と、シェル307に固定されてコンプライアンスフレーム303を保持するガイドフレーム304とを備える。

[0172] 固定スクロール301には、シェル307を貫通する吸入管310が圧入されている。また、シェル307には、固定スクロール301から吐出される高圧の冷媒ガスを外部に吐出する排出管311が設けられている。この排出管311は、シェル307の圧縮機構305と電動機100との間に設けられた図示しない開口部に連通している。

[0173] 電動機100は、ステータ1をシェル307に嵌め込むことによりシェル307に固定されている。電動機100の構成は、上述した通りである。シェル307には、電動機100に電力を供給するガラス端子309が溶接により固定されている。図6に示した配線L1、L2は、端子部としてのガラス端子309に接続される。

[0174] 電動機100が回転すると、その回転が揺動スクロール302に伝達され、揺動スクロール302が揺動する。揺動スクロール302が揺動すると、揺動スクロール302の渦巻部分と固定スクロール301の渦巻部分とで形

成される圧縮室の容積が変化する。そして、吸入管 310 から冷媒ガスを吸入し、圧縮して、排出管 311 から吐出する。

[0175] 圧縮機 300 の電動機 100 は、コイル 2 の損傷抑制により高い信頼性を有する。そのため、圧縮機 300 の信頼性を向上することができる。

[0176] <冷凍サイクル装置>

次に、図 29 に示した圧縮機 300 を有する冷凍サイクル装置 400 について説明する。図 30 は、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、例えば空気調和装置であるが、これに限定されるものではない。

[0177] 図 30 に示した冷凍サイクル装置 400 は、圧縮機 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 401、凝縮器 402 および減圧装置 403 は室内機 410 に設けられ、蒸発器 404 は室外機 420 に設けられる。

[0178] 圧縮機 401、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、冷媒回路を構成している。圧縮機 401 は、図 29 に示した圧縮機 300 で構成される。冷凍サイクル装置 400 は、また、凝縮器 402 に対向する室外送風機 405 と、蒸発器 404 に対向する室内送風機 406 とを備える。

[0179] 冷凍サイクル装置 400 の動作は、次の通りである。圧縮機 401 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。凝縮器 402 は、圧縮機 401 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。

[0180] 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（気化）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、空調対象空間である室内に供給される。

[0181] 冷凍サイクル装置400の圧縮機401には、各実施の形態で説明した電動機100が適用可能である。電動機100は、コイル2の損傷抑制により高い信頼性を有しているため、冷凍サイクル装置400の信頼性を向上することができる。

[0182] 以上、望ましい実施の形態について具体的に説明したが、本開示は上記の実施の形態に限定されるものではなく、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

[0183] 1 ステータ、 2 コイル、 2U コイル（第1相のコイル）、 2V コイル（第2相のコイル）、 2W コイル（第3相のコイル）、 3, 3A ロータ、 6 着磁装置、 8 圧縮機、 10 ステータコア、 11 コアバック、 12 ティース、 13 スロット、 20U, 20V, 20W 巻線部、 21, 21U, 21V, 21W コイルサイド、 22, 22U, 22V, 22W コイルエンド、 30 ロータコア、 31 磁石挿入孔、 31a 外側端縁、 31b 内側端縁、 32 フラックスバリア、 40 永久磁石、 40a 磁極面、 40b 裏面、 40c 側端面、 45 シャフト、 60 電源部、 61 制御回路、 62 昇圧回路、 63 整流回路、 64 コンデンサ、 65 スイッチ、 80 シェル、 100 電動機、 300 圧縮機、 305 圧縮機構、 307 シェル、 309 ガラス端子、 400 冷凍サイクル装置、 401 圧縮機、 402 凝縮器、 403 減圧装置、 404 蒸発器、 410 室内機、 420 室外機、 F 電磁力、 I 着磁電流、 N 極間中心線、 C 磁極中心線、 T 着磁磁束中心線、 θ 角度。

請求の範囲

- [請求項1] 永久磁石で構成される P 個の磁極を有し、軸線を中心として回転可能なロータと、
- 前記ロータを前記軸線を中心とする径方向の外側から囲むステータコアと、前記ステータコアに分布巻で巻かれた 3 相のコイルとを有するステータと
- を備え、
- 前記ステータコアは、前記軸線を中心とする周方向に複数のスロットを有し、
- 前記 3 相のコイルは、前記径方向において、最も外側に配置される第 1 相のコイルと、最も内側に配置される第 2 相のコイルと、前記第 1 相のコイルと前記第 2 相のコイルとの間に配置される第 3 相のコイルとを有し、
- 前記第 1 相のコイル、前記第 2 相のコイルおよび前記第 3 相のコイルはいずれも、 P 個の巻線部を有し、前記 P 個の巻線部のうち隣り合う 2 つの巻線部は、前記複数のスロットのうちの 1 つのスロットに挿入されて当該スロットから前記周方向の両側に延在し、
- 前記永久磁石は、
- 前記ロータを基準位置から第 1 の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行われる第 1 の着磁工程と、
- 前記ロータを前記基準位置から第 2 の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行われる第 2 の着磁工程と
- によって着磁されたものであり、
- 前記第 1 の着磁工程および前記第 2 の着磁工程はいずれも、前記第 3 相のコイルを開放し、前記第 1 相のコイルと前記第 2 相のコイルとを直列接続して、前記第 1 相のコイルと前記第 2 相のコイルに着磁電流を流すことによって行われる
- 電動機。

- [請求項2] 前記基準位置は、前記ロータの前記磁極の前記周方向の中心が、前記第1相のコイルおよび前記第2相のコイルに流れる着磁電流によって生じる着磁磁束の中心に対向するときの前記ロータの回転位置である
- 請求項1に記載の電動機。
- [請求項3] 前記電動機の巻線係数は、1である
- 請求項1または2に記載の電動機。
- [請求項4] 前記永久磁石は、鉄、ネオジウム、ボロンを含有する希土類磁石であって、ディスプロシウムまたはテルビウムをさらに含有し、
- ディスプロシウムまたはテルビウムの含有量は4重量%以下である
- 請求項1から3までのいずれか1項に記載の電動機。
- [請求項5] 前記ロータは、前記永久磁石を挿入する磁石挿入孔を有し、
- 前記磁石挿入孔の前記周方向の中心を通る前記径方向の直線を磁極中心線とすると、
- 前記永久磁石は、前記磁極中心線に直交する方向に幅W1を有し、
- 前記磁石挿入孔は、その前記径方向の外側に、前記磁極中心線に直交する方向に延在する外側端縁を有し、
- 前記磁石挿入孔の前記外側端縁は、前記磁極中心線に直交する方向に幅W2を有し、
- 前記幅W1および幅W2は、 $W1 > W2$ を満足する
- 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] 前記ロータは、前記磁石挿入孔の前記周方向の端部に連続して形成されたフラックスバリアを有し、
- 前記磁石挿入孔の前記周方向の端部が、前記フラックスバリア内に位置している
- 請求項5に記載の電動機。
- [請求項7] 請求項1から6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される圧縮機構と

を有する圧縮機。

[請求項8] 請求項7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9] 電動機の永久磁石を着磁する着磁方法であって、
前記電動機は、

永久磁石で構成されるP個の磁極を有し、軸線を中心として回転可能なロータと、

前記ロータを前記軸線を中心とする径方向の外側から囲むステータコアと、前記ステータコアに分布巻で巻かれた3相のコイルとを有するステータと

を備え、

前記ステータコアは、前記軸線を中心とする周方向に複数のスロットを有し、

前記3相のコイルは、前記径方向において、最も外側に配置される第1相のコイルと、最も内側に配置される第2相のコイルと、前記第1相のコイルと前記第2相のコイルとの間に配置される第3相のコイルとを有し、

前記第1相のコイル、前記第2相のコイルおよび前記第3相のコイルはいずれも、P個の巻線部を有し、前記P個の巻線部のうち隣り合う2つの巻線部は、前記複数のスロットのうちの1つのスロットに挿入されて当該スロットから前記周方向の両側に延在し、

前記着磁方法は、

前記ロータを基準位置から第1の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行う第1の着磁工程と、

前記ロータを前記基準位置から第2の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行う第2の着磁工程と

を有し、

前記第 1 の着磁工程および前記第 2 の着磁工程のいずれにおいても、前記第 3 相のコイルを開放し、前記第 1 相のコイルと前記第 2 相のコイルとを直列接続して、前記第 1 相のコイルと前記第 2 相のコイルに着磁電流を流す

着磁方法。

[請求項10] 前記基準位置は、前記ロータの前記磁極の前記周方向の中心が、前記第 1 相のコイルおよび前記第 2 相のコイルに流れる着磁電流によって生じる着磁磁束の中心に対向するときの前記ロータの回転位置である

請求項 9 に記載の着磁方法。

[請求項11] 前記電動機の巻線係数は、1 である

請求項 9 または 10 に記載の着磁方法。

[請求項12] 前記永久磁石は、鉄、ネオジム、ボロンを含有する希土類磁石であって、ディスプロシウムまたはテルビウムをさらに含有し、

ディスプロシウムまたはテルビウムの含有量は 4 重量%以下である
請求項 9 から 11 までのいずれか 1 項に記載の着磁方法。

[請求項13] 電動機の永久磁石を着磁する着磁装置であって、

前記電動機は、

永久磁石で構成される P 個の磁極を有し、軸線を中心として回転可能なロータと、

前記ロータを前記軸線を中心とする径方向の外側から囲むステータコアと、前記ステータコアに分布巻で巻かれた 3 相のコイルとを有するステータと

を備え、

前記ステータコアは、前記軸線を中心とする周方向に複数のスロットを有し、

前記 3 相のコイルは、前記径方向において、最も外側に配置される第 1 相のコイルと、最も内側に配置される第 2 相のコイルと、前記第

1 相のコイルと前記第 2 相のコイルとの間に配置される第 3 相のコイルとを有し、

前記第 1 相のコイル、前記第 2 相のコイルおよび前記第 3 相のコイルはいずれも、 P 個の巻線部を有し、前記 P 個の巻線部のうち隣り合う 2 つの巻線部は、前記複数のスロットのうちの 1 つのスロットに挿入されて当該スロットから前記周方向の両側に延在し、

前記着磁装置は、

前記ロータを基準位置から第 1 の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行う第 1 の着磁工程と、

前記ロータを前記基準位置から第 2 の方向に角度 θ だけ回転させた状態で行う第 2 の着磁工程と

を実行し、

前記第 1 の着磁工程および前記第 2 の着磁工程のいずれにおいても、前記第 3 相のコイルを開放し、前記第 1 相のコイルと前記第 2 相のコイルとを直列接続して、前記第 1 相のコイルと前記第 2 相のコイルに着磁電流を流す

着磁装置。

[請求項14] 前記基準位置は、前記ロータの前記磁極の前記周方向の中心が、前記第 1 相のコイルおよび前記第 2 相のコイルに流れる着磁電流によって生じる着磁磁束の中心に対向するときの前記ロータの回転位置である

請求項 1 3 に記載の着磁装置。

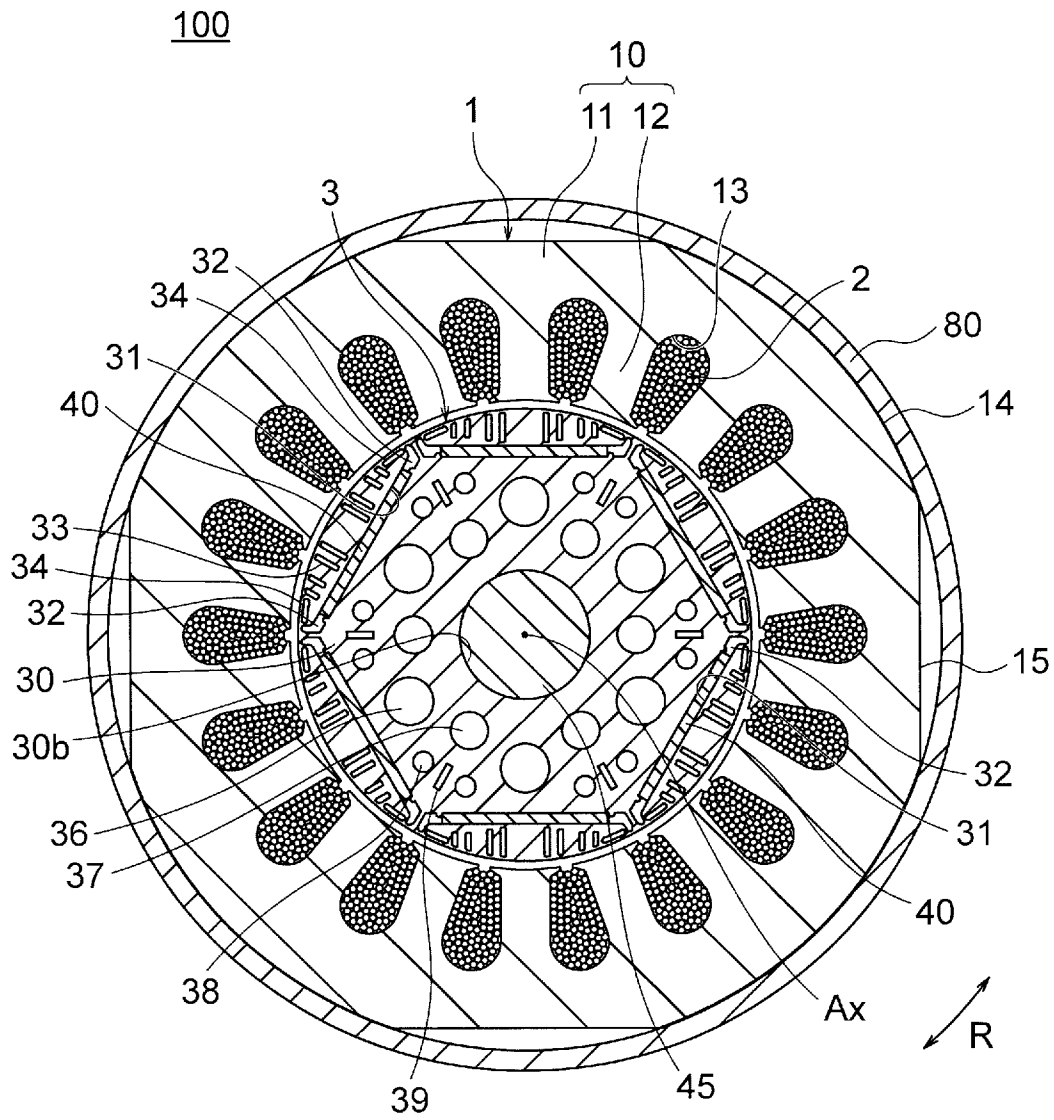
[請求項15] 前記電動機の巻線係数は、1 である

請求項 1 3 または 1 4 に記載の着磁装置。

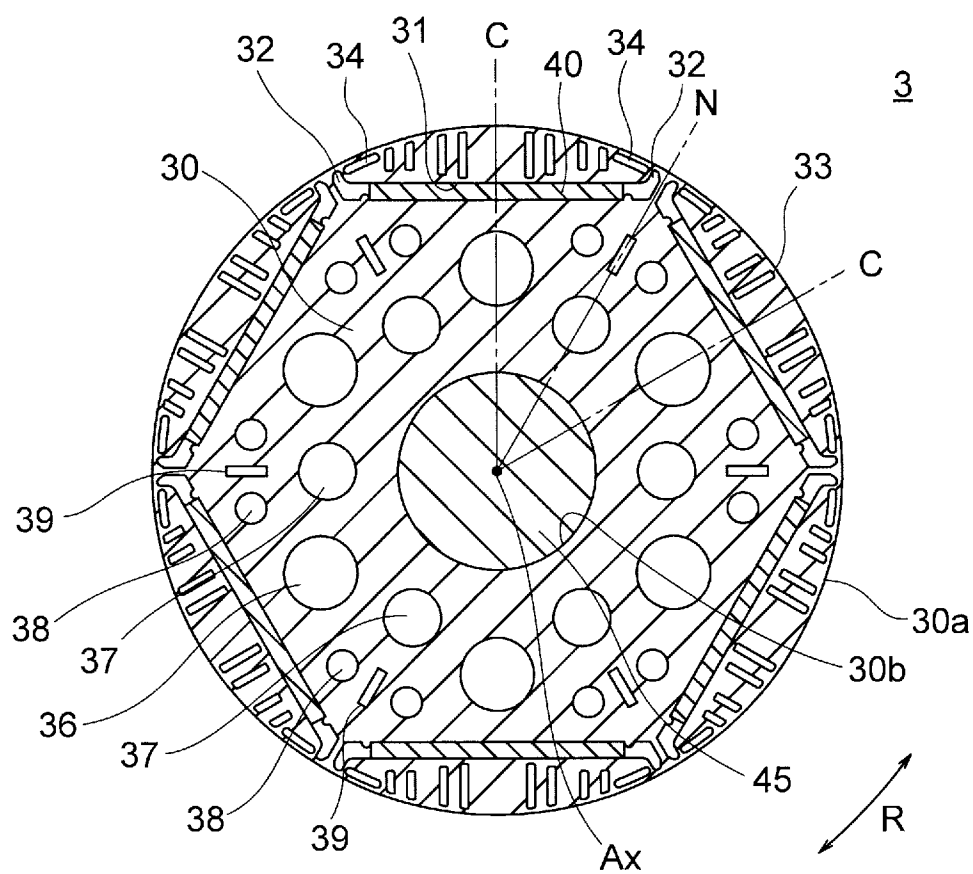
[請求項16] 前記永久磁石は、鉄、ネオジム、ボロンを含有する希土類磁石であって、ディスプロシウムまたはテルビウムをさらに含有し、

ディスプロシウムまたはテルビウムの含有量は 4 重量%以下である
請求項 1 3 から 1 5 までのいずれか 1 項に記載の着磁装置。

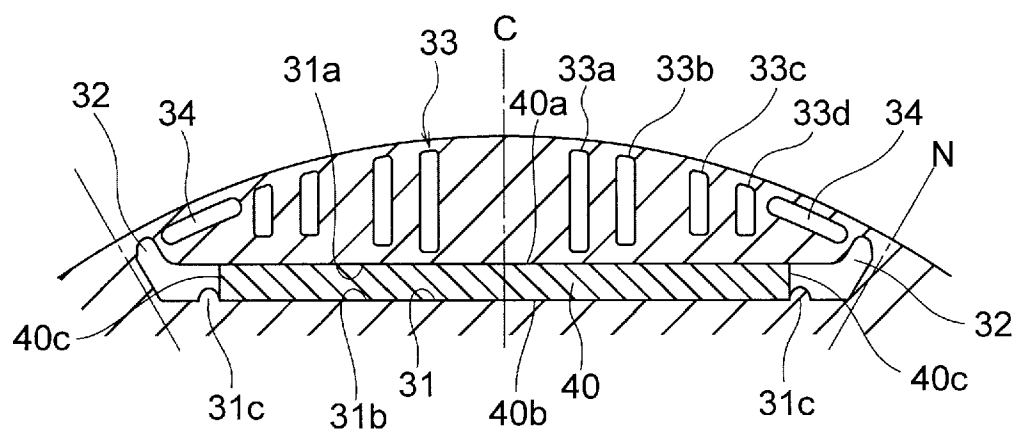
[図1]



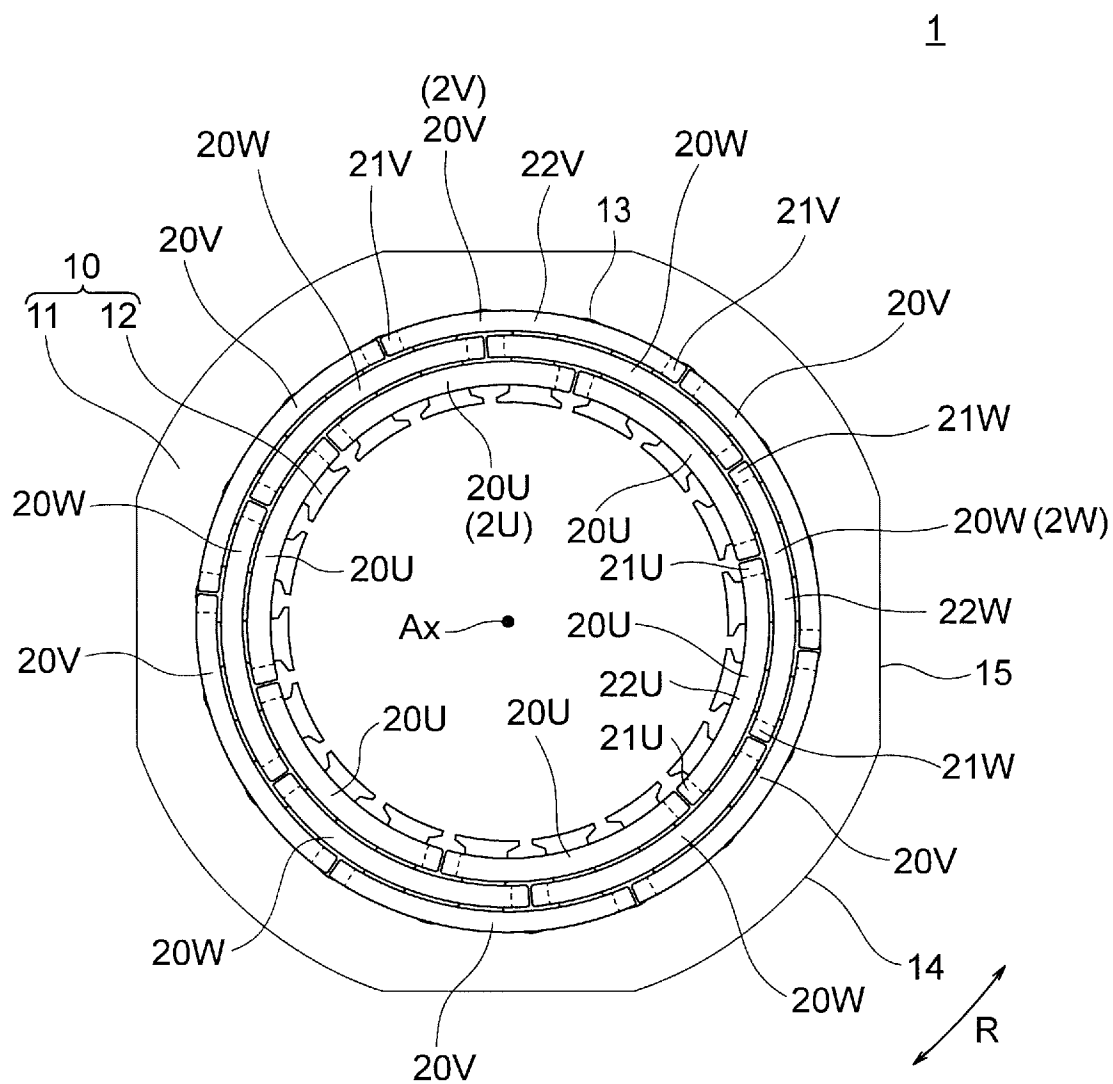
[図2]



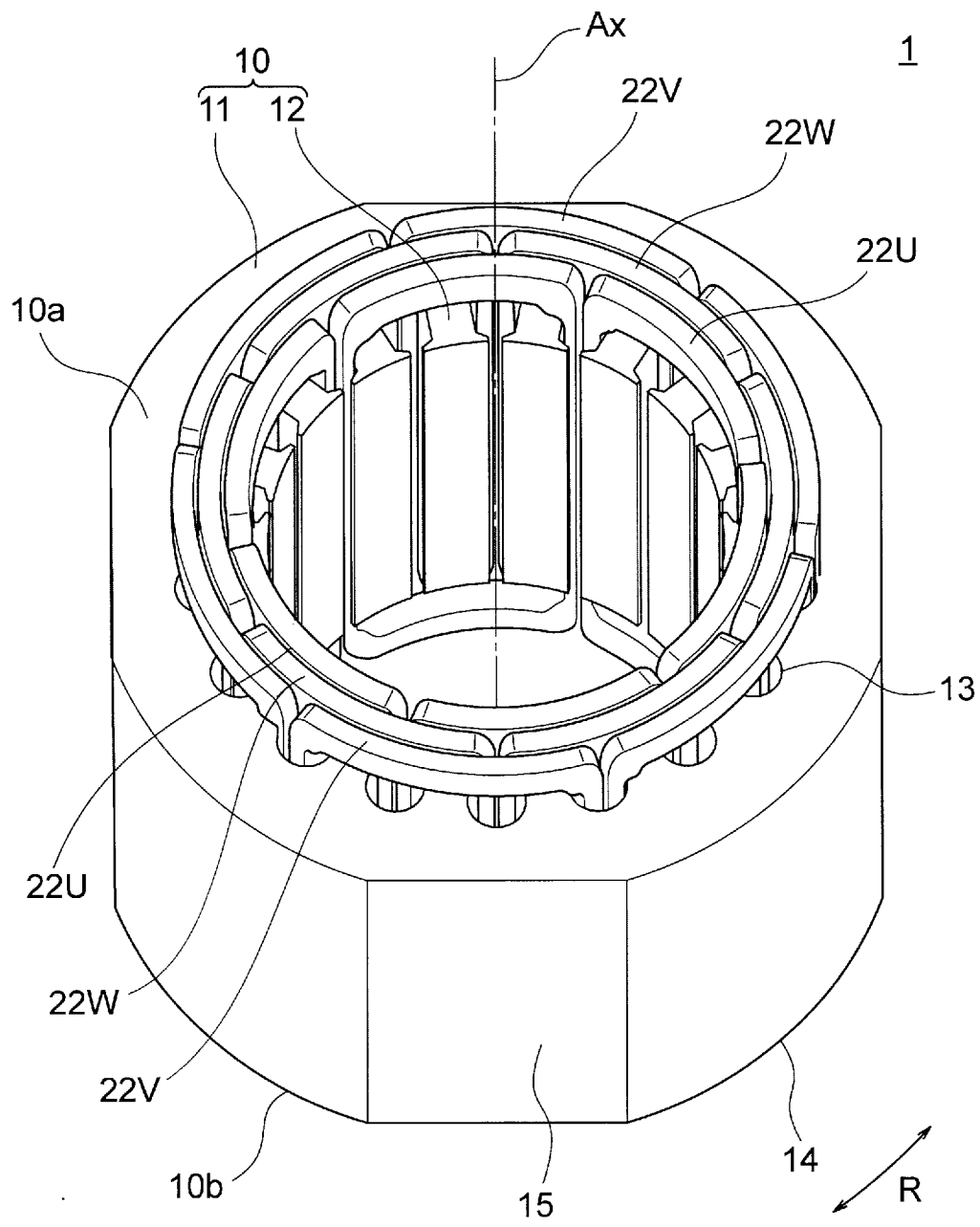
[図3]



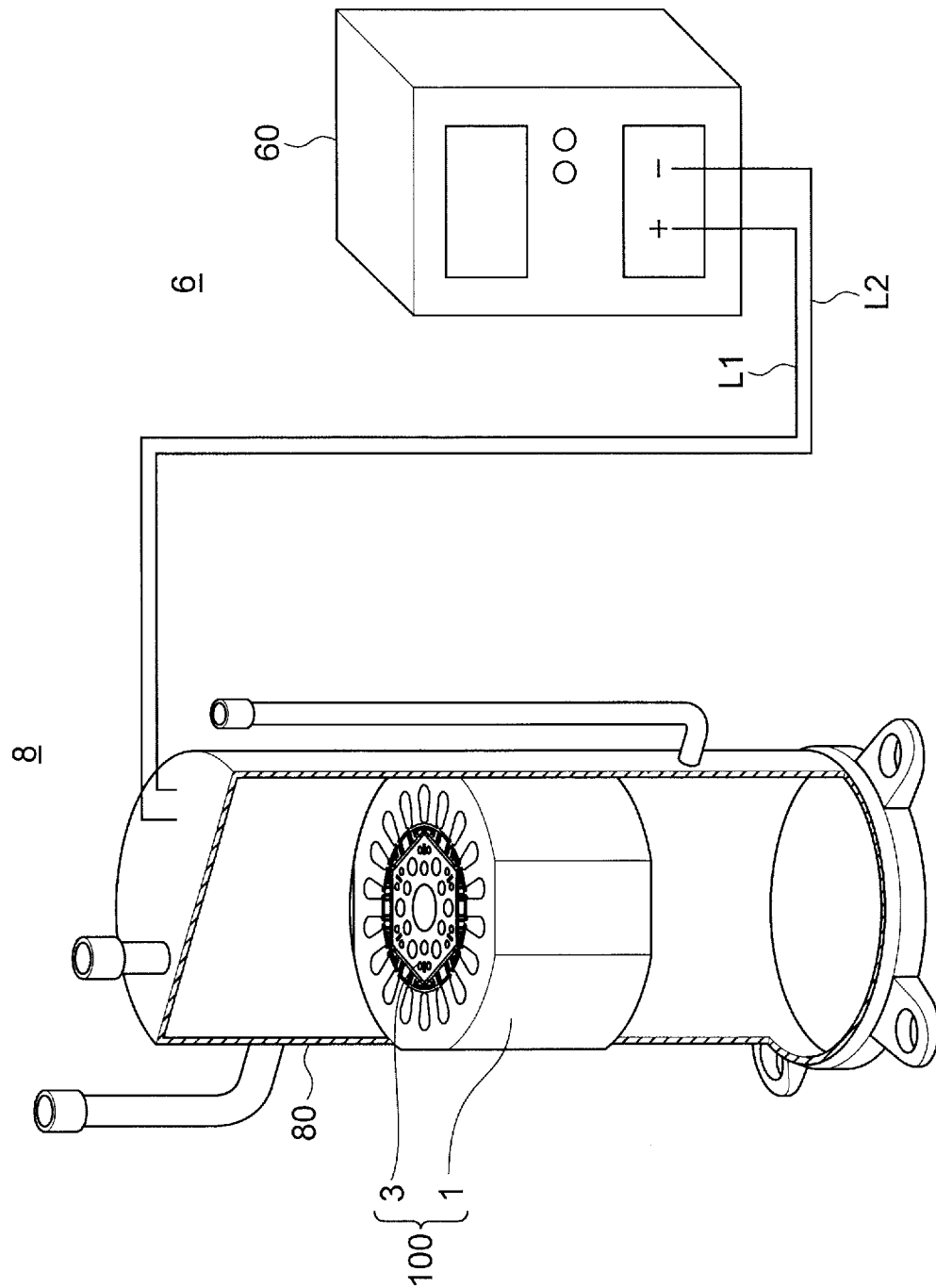
[図4]



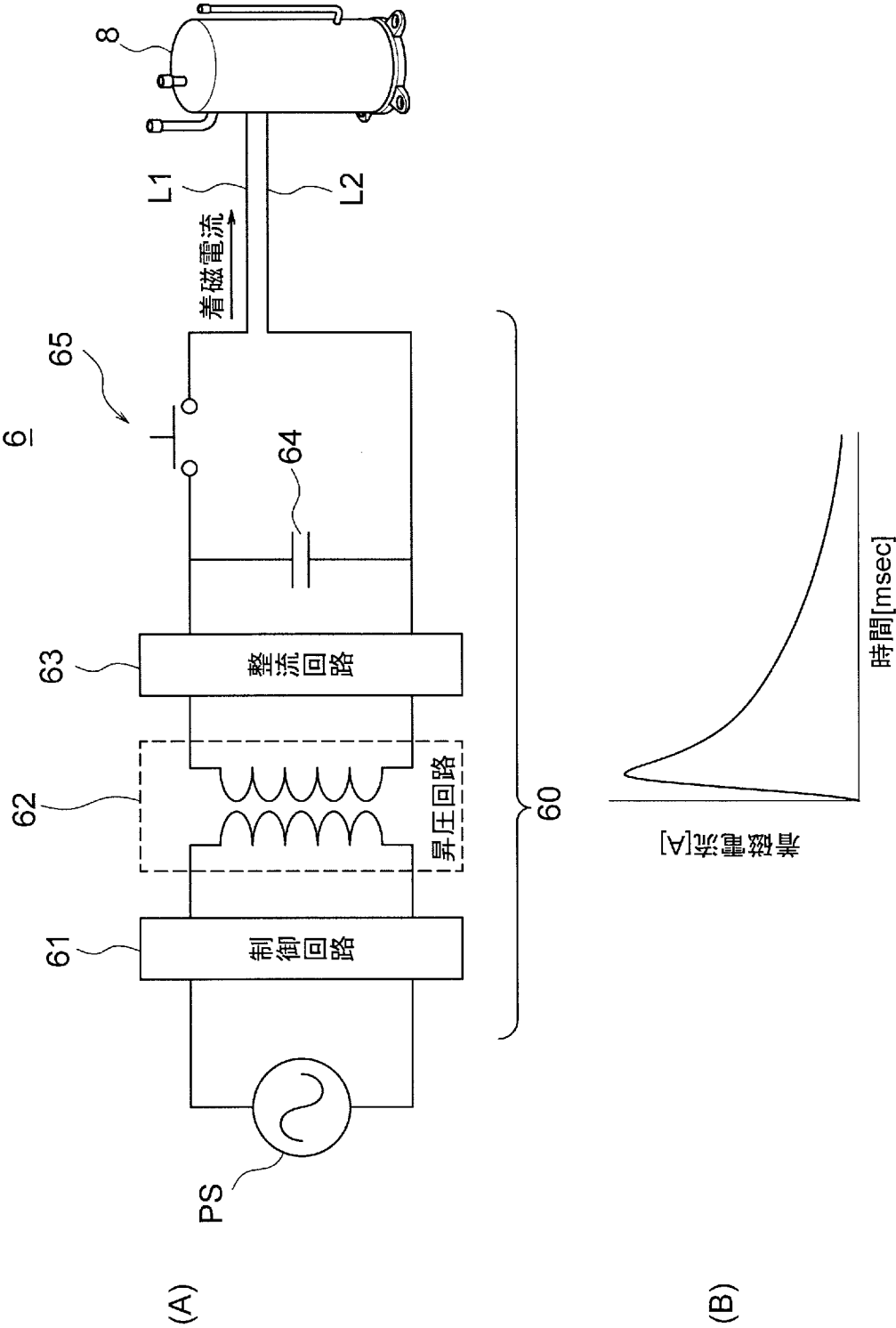
[図5]



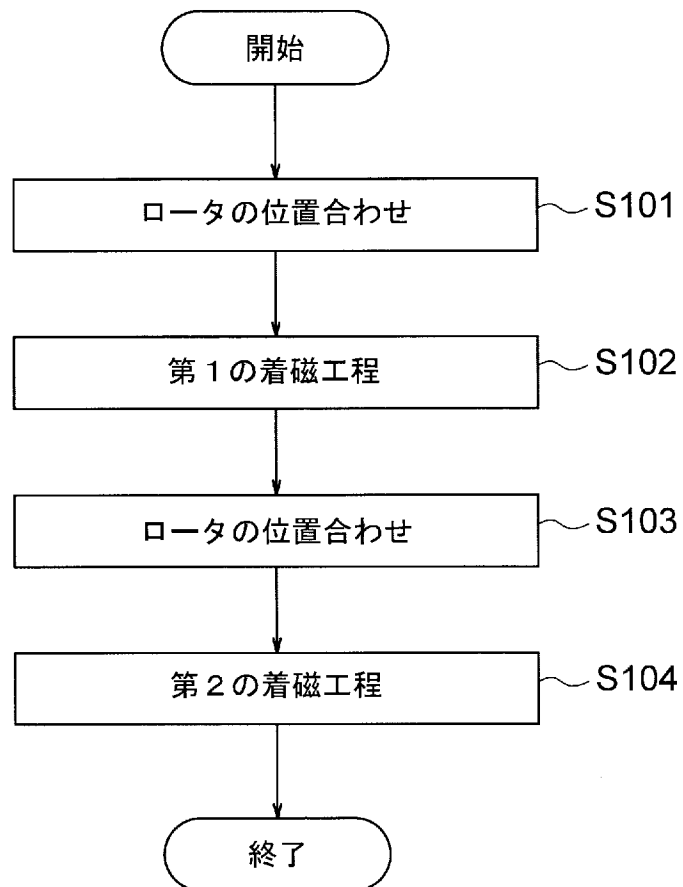
[図6]



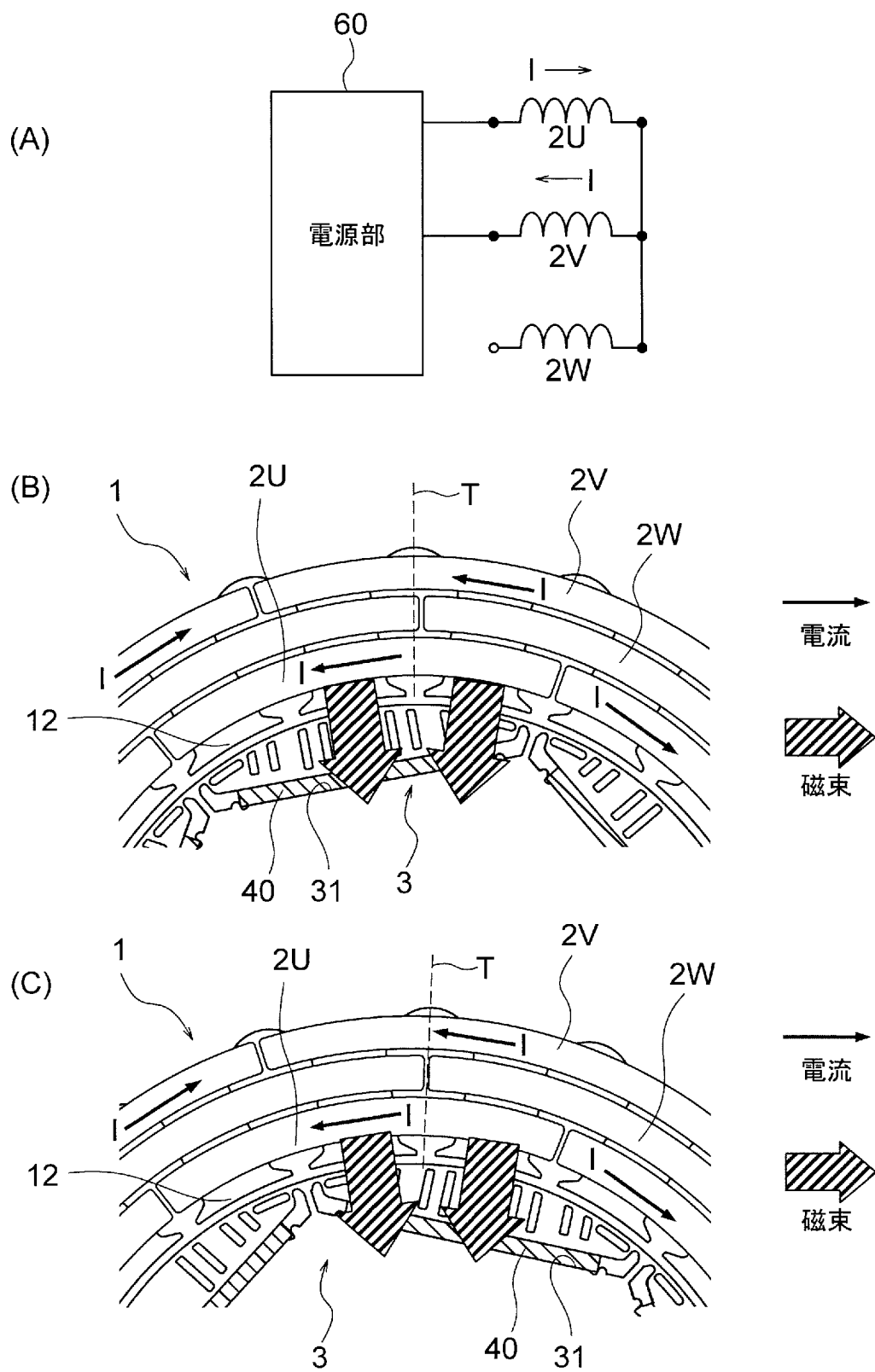
[図7]



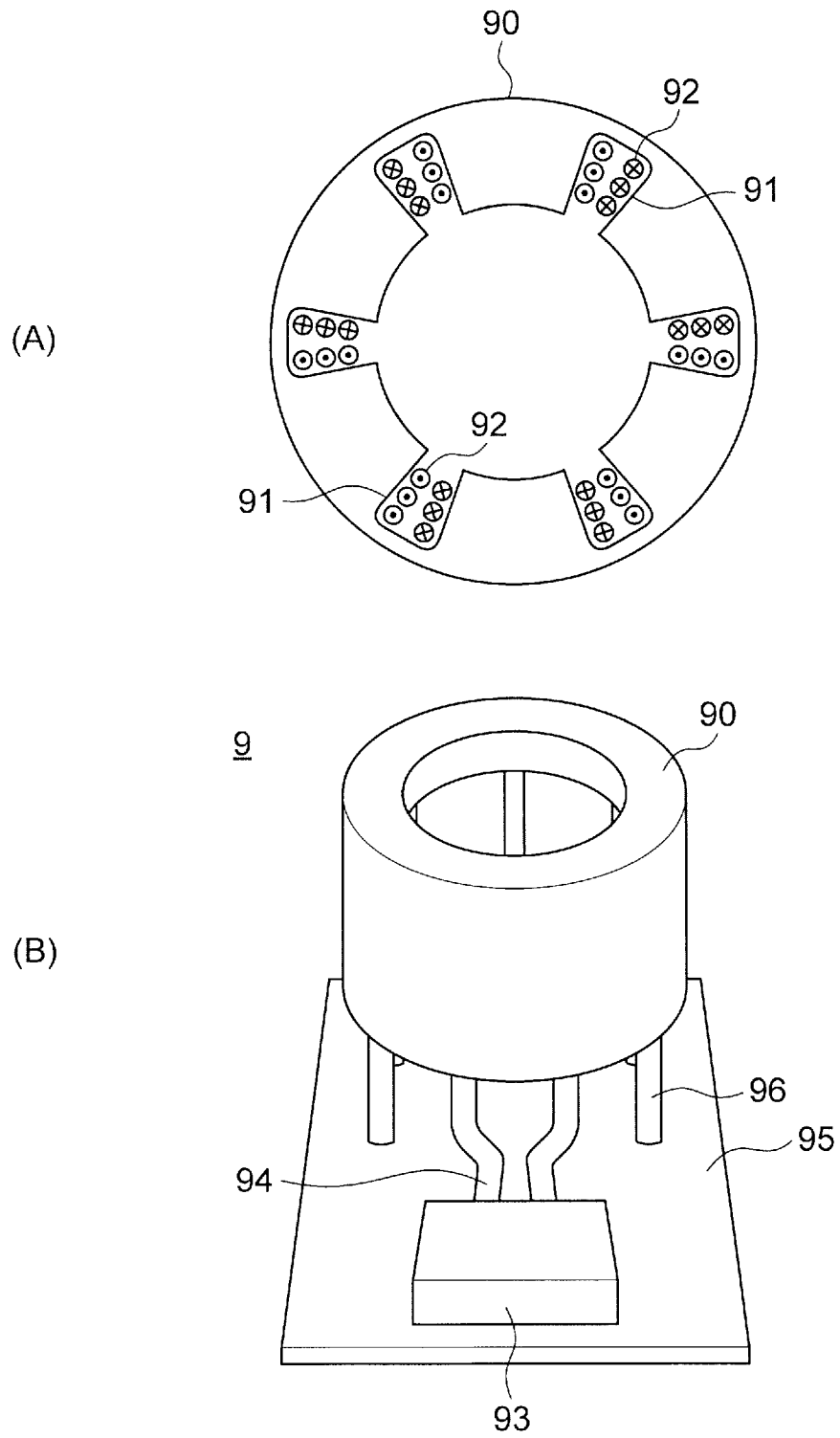
[図8]



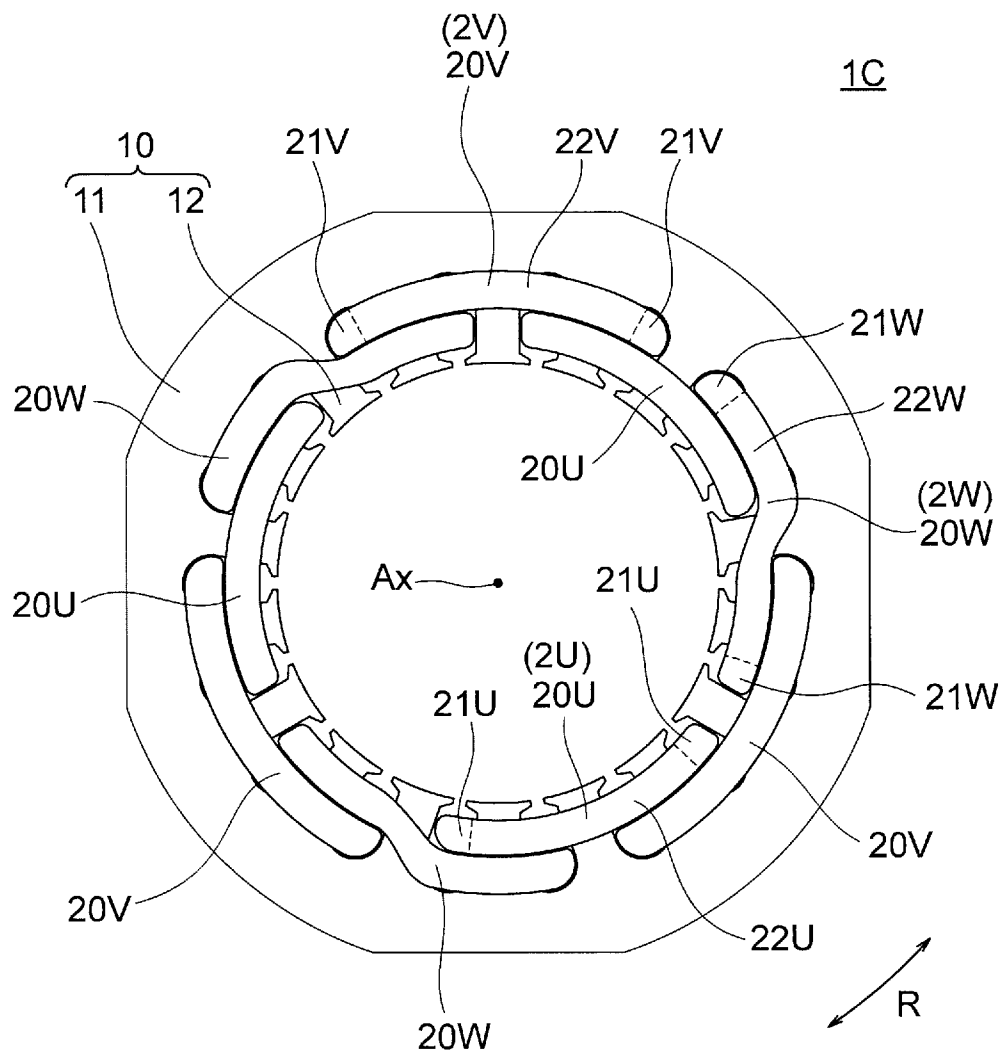
[図10]



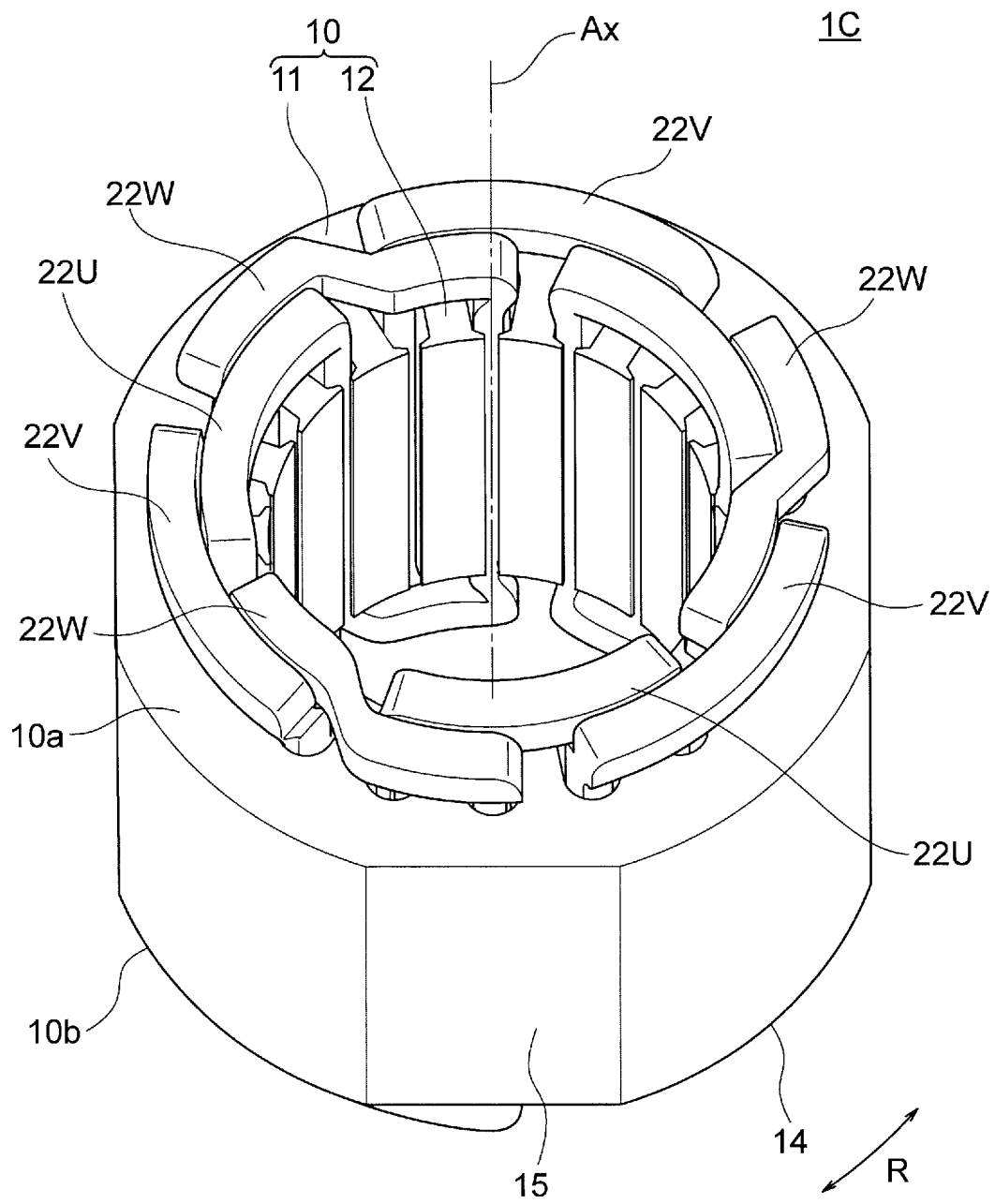
[図11]



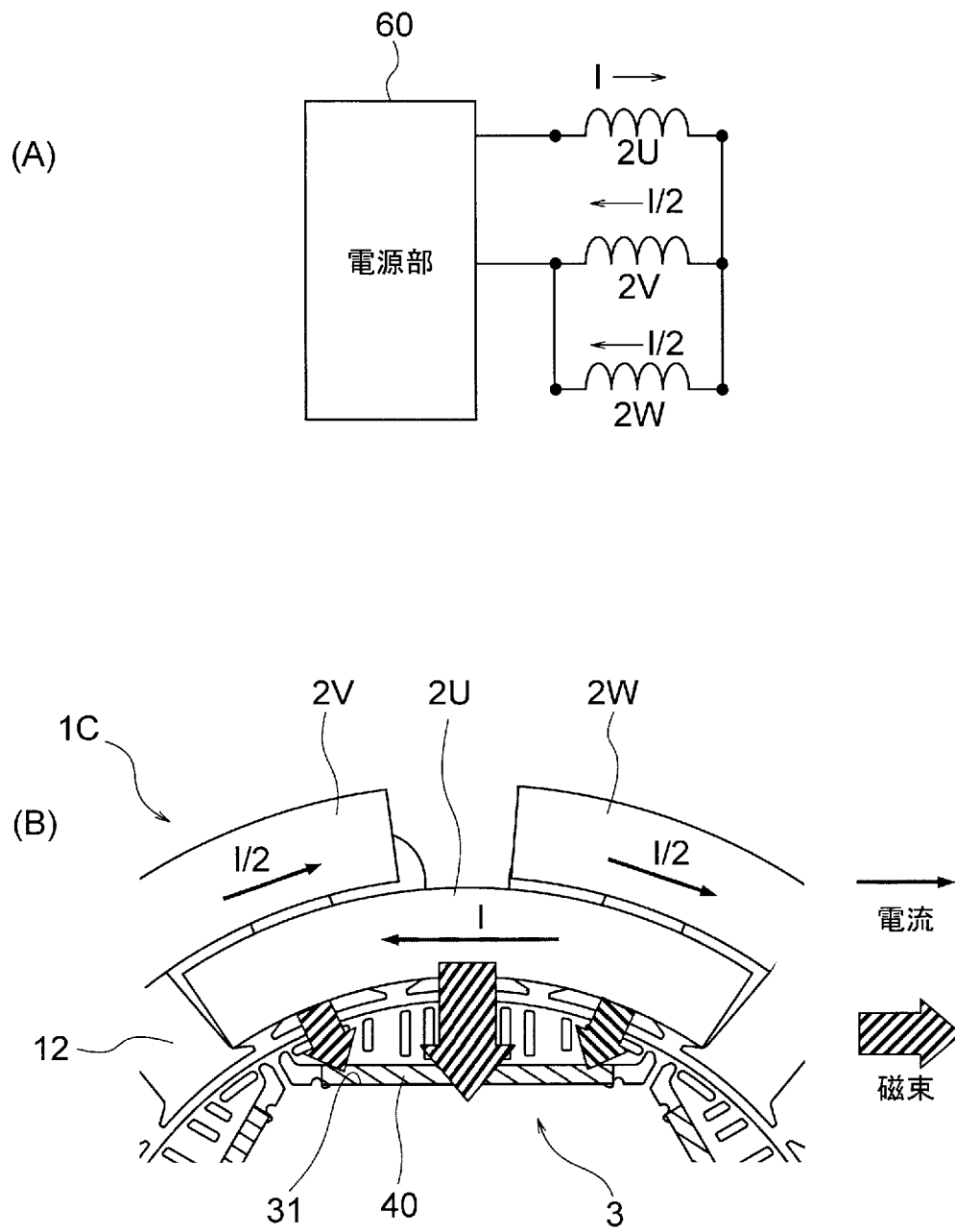
[図12]



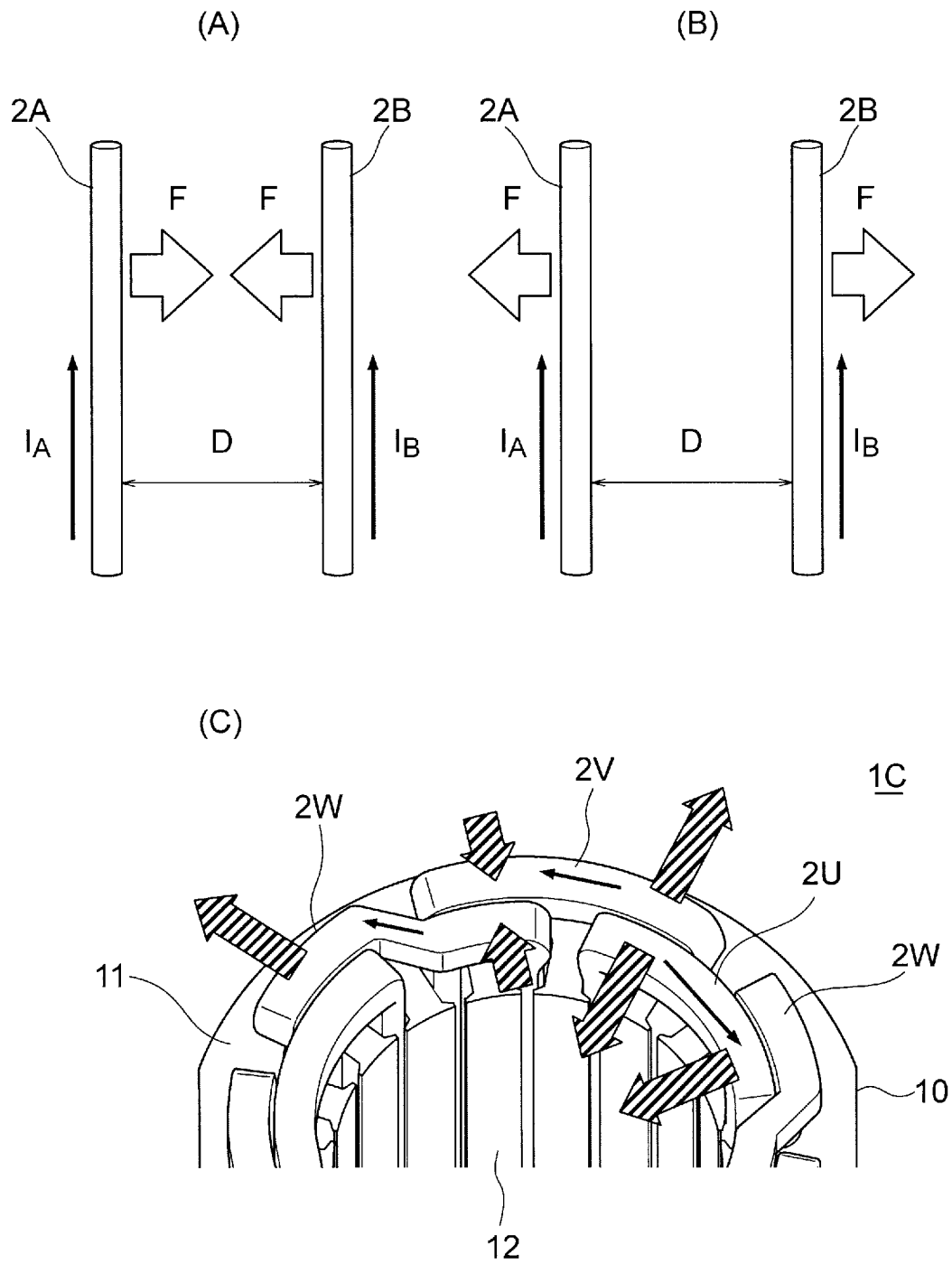
[図13]



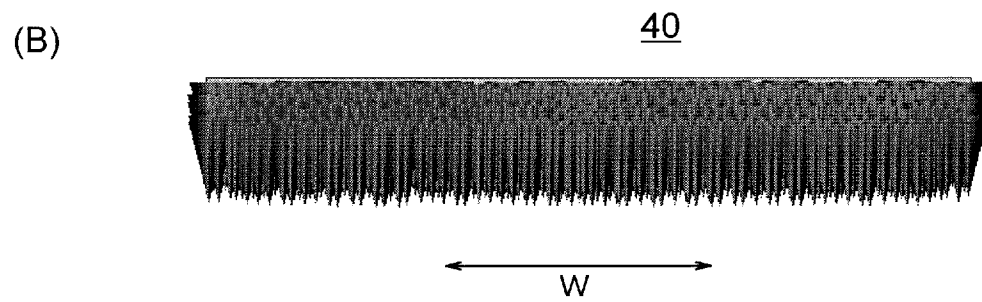
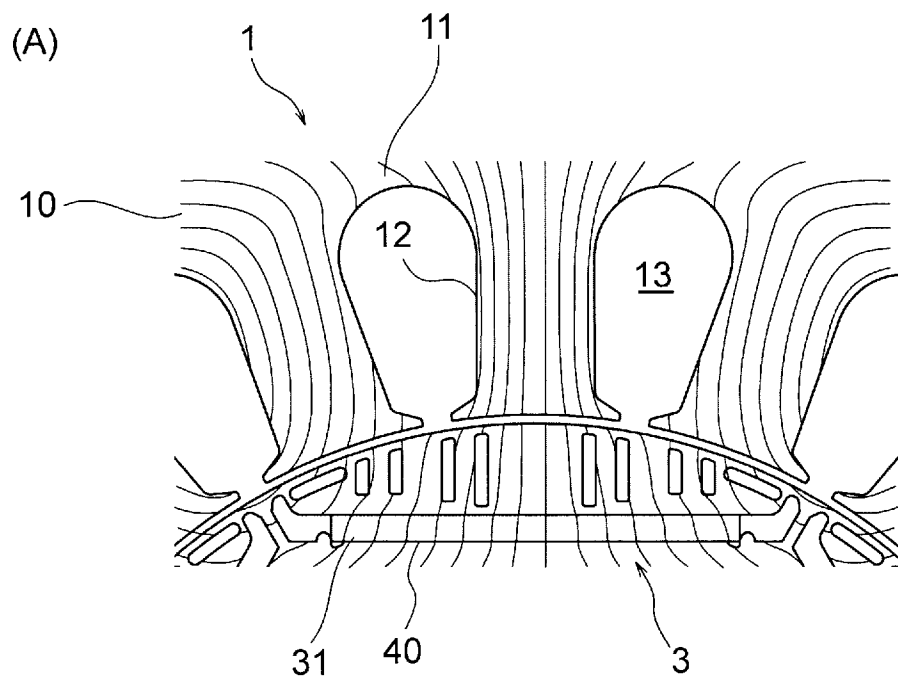
[図14]



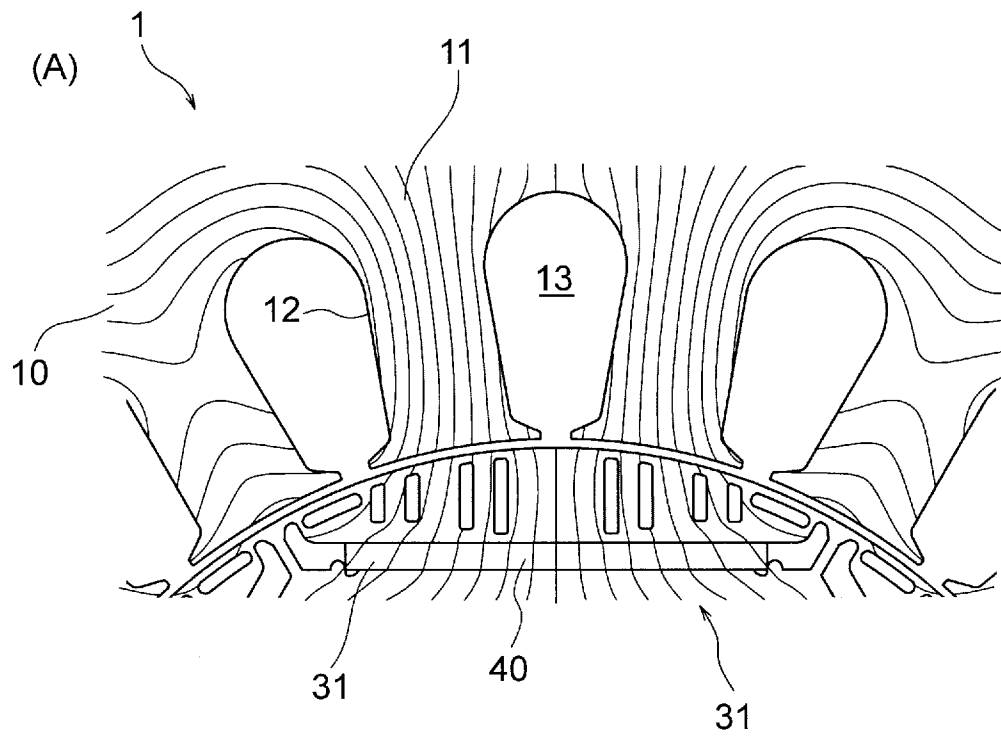
[図15]



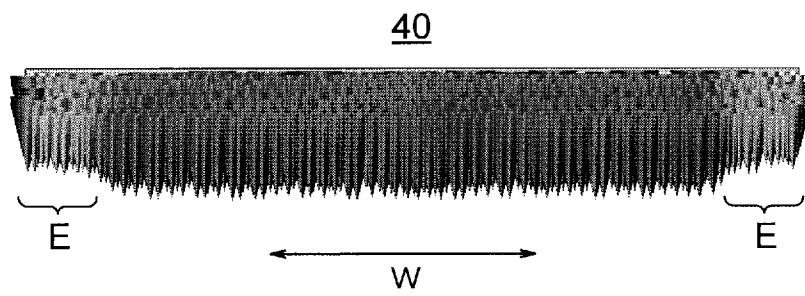
[図16]



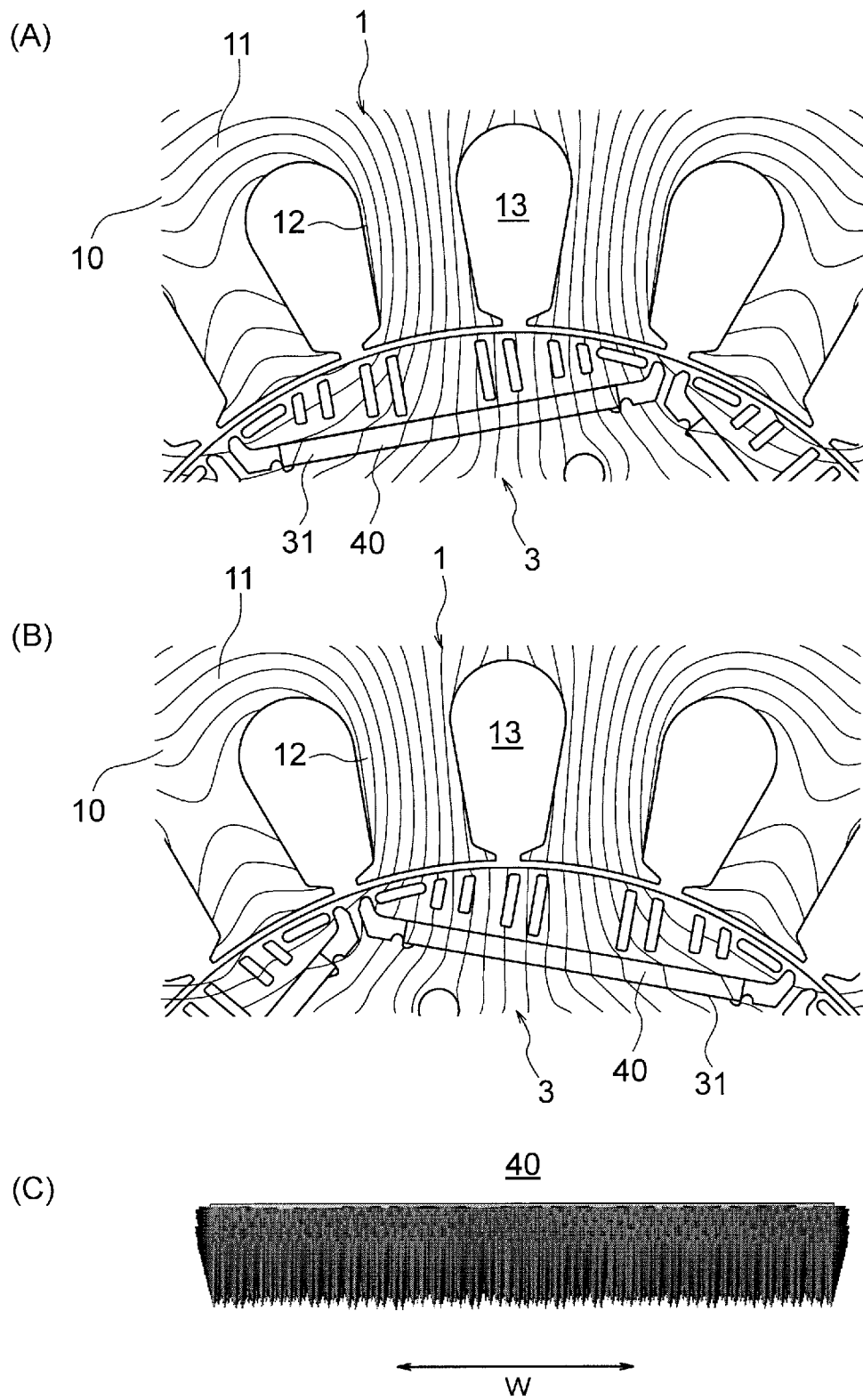
[図17]



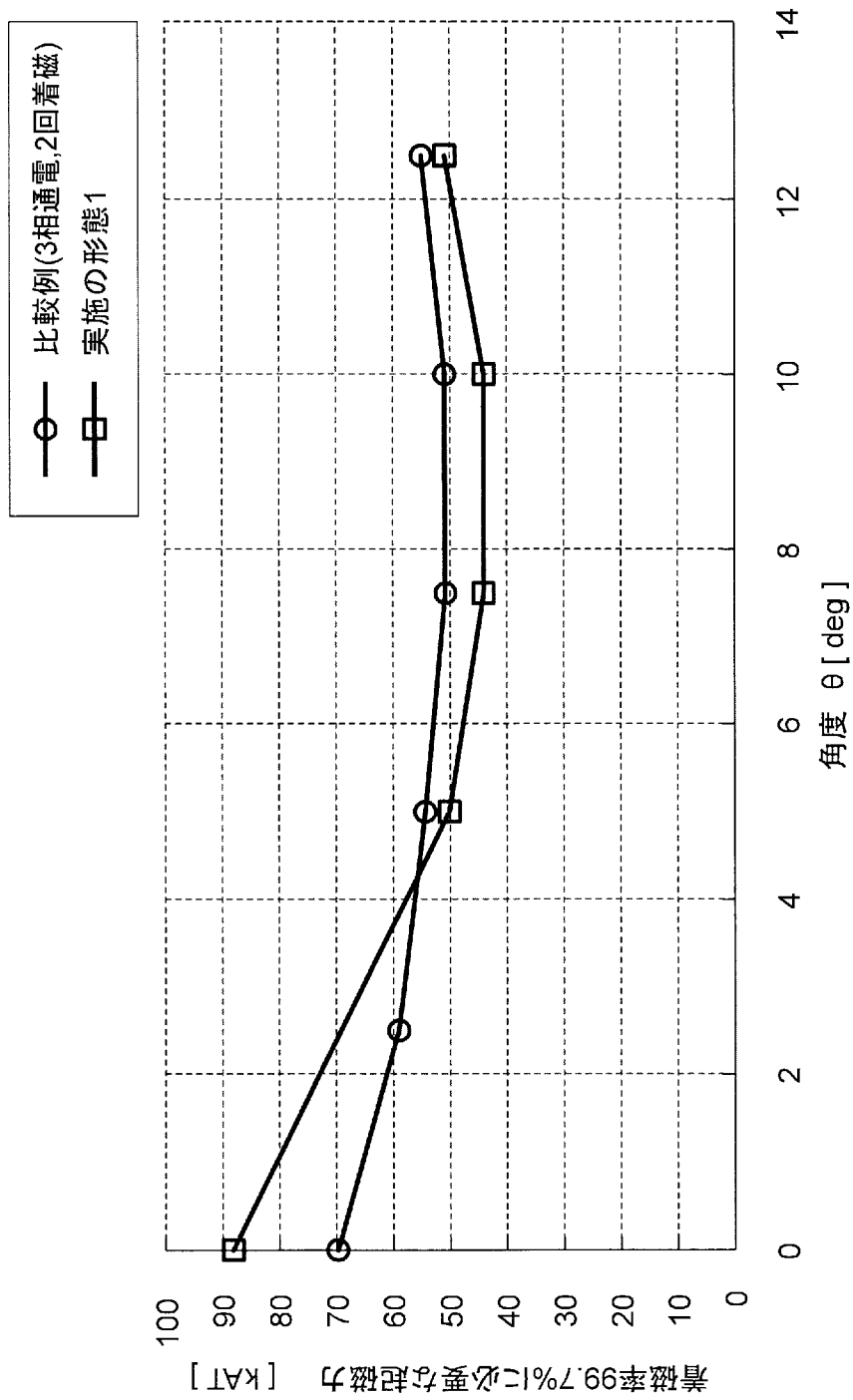
(B)



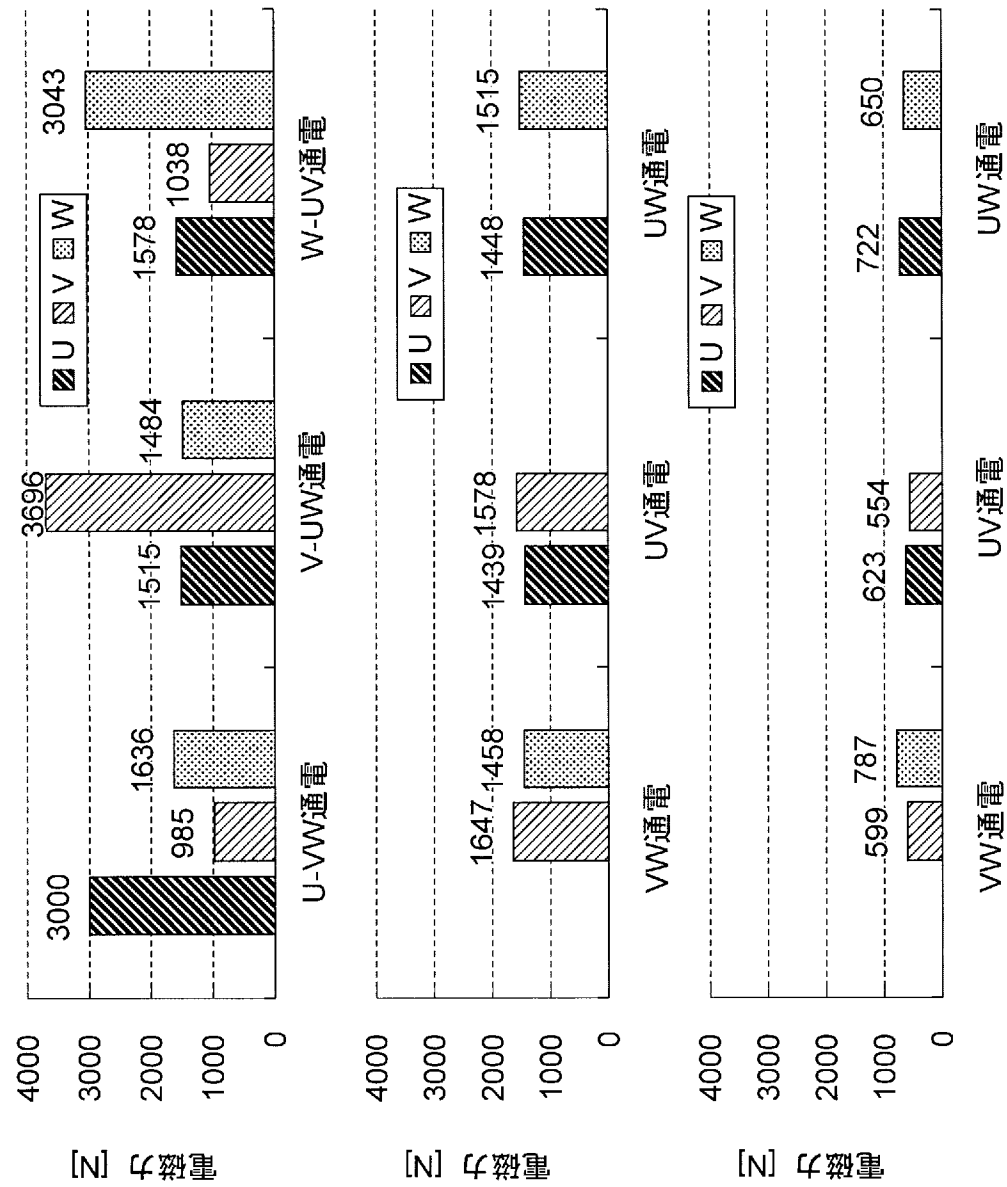
[図18]



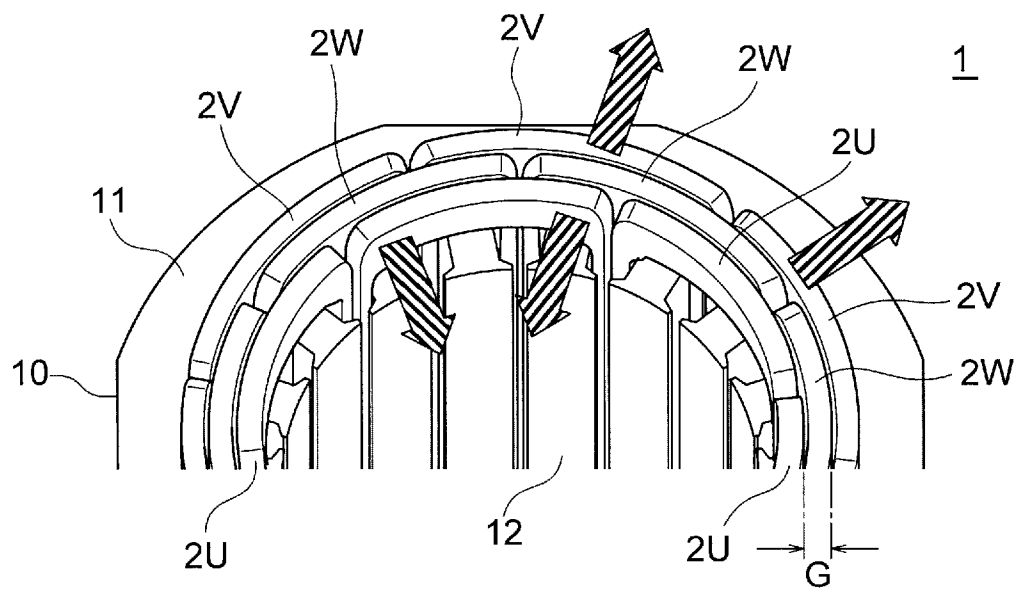
[図19]



[図20]



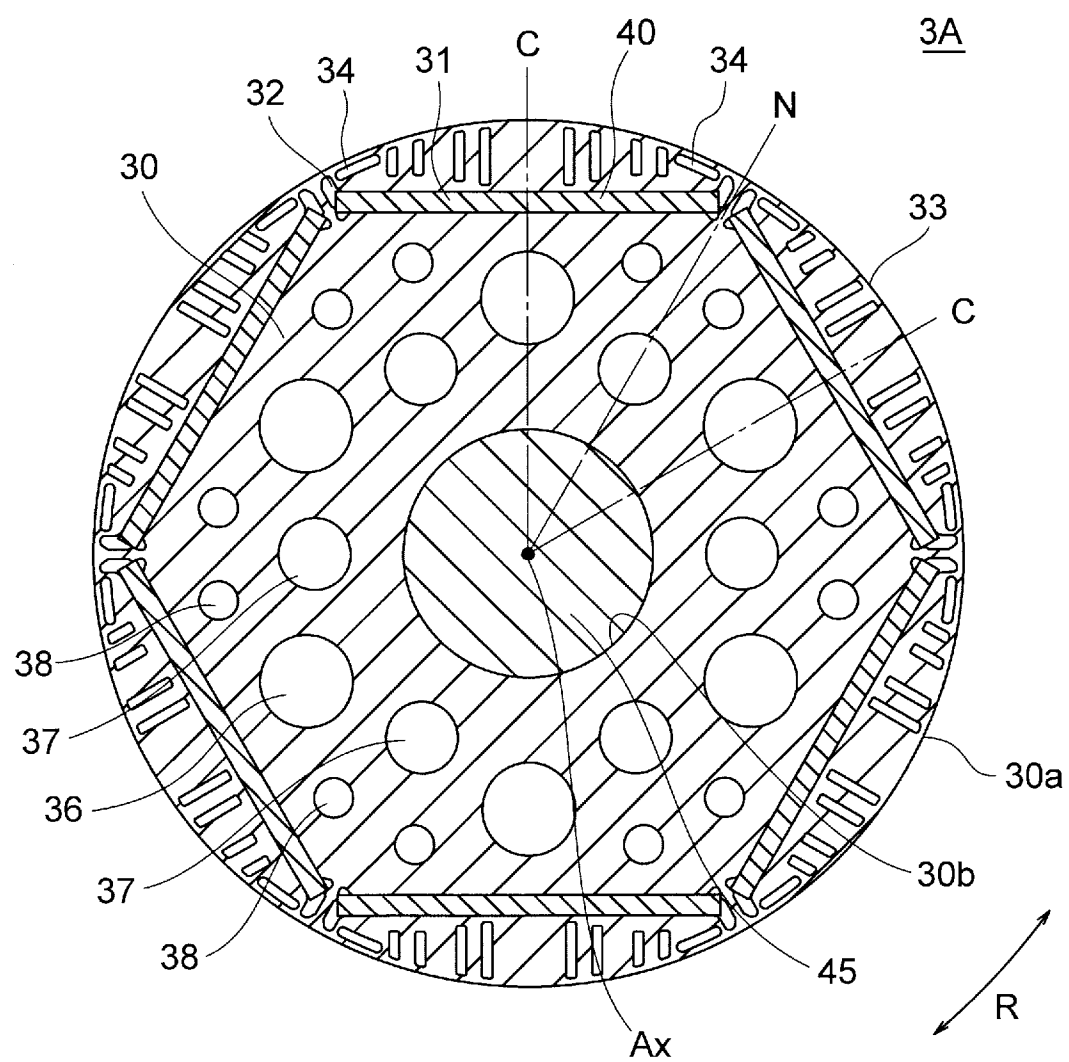
[図21]



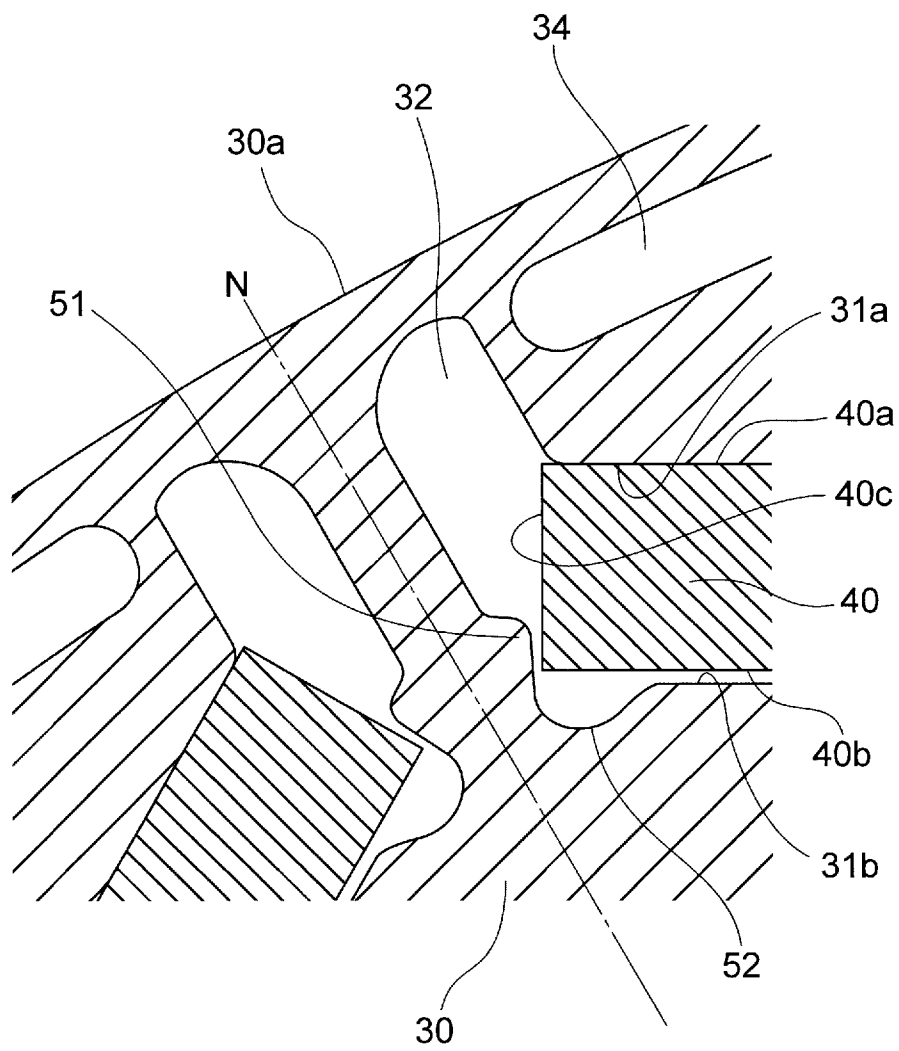
[図22]

着磁方法		比較例		実施の形態 1	
		1回着磁	2回着磁	2回着磁	
3相 通電	U-VW着磁	100%			
	V-UW着磁	123%			
	W-UV着磁	101%			
2相 通電	VW着磁			26%	
	UV着磁			21%	
	UW着磁			24%	

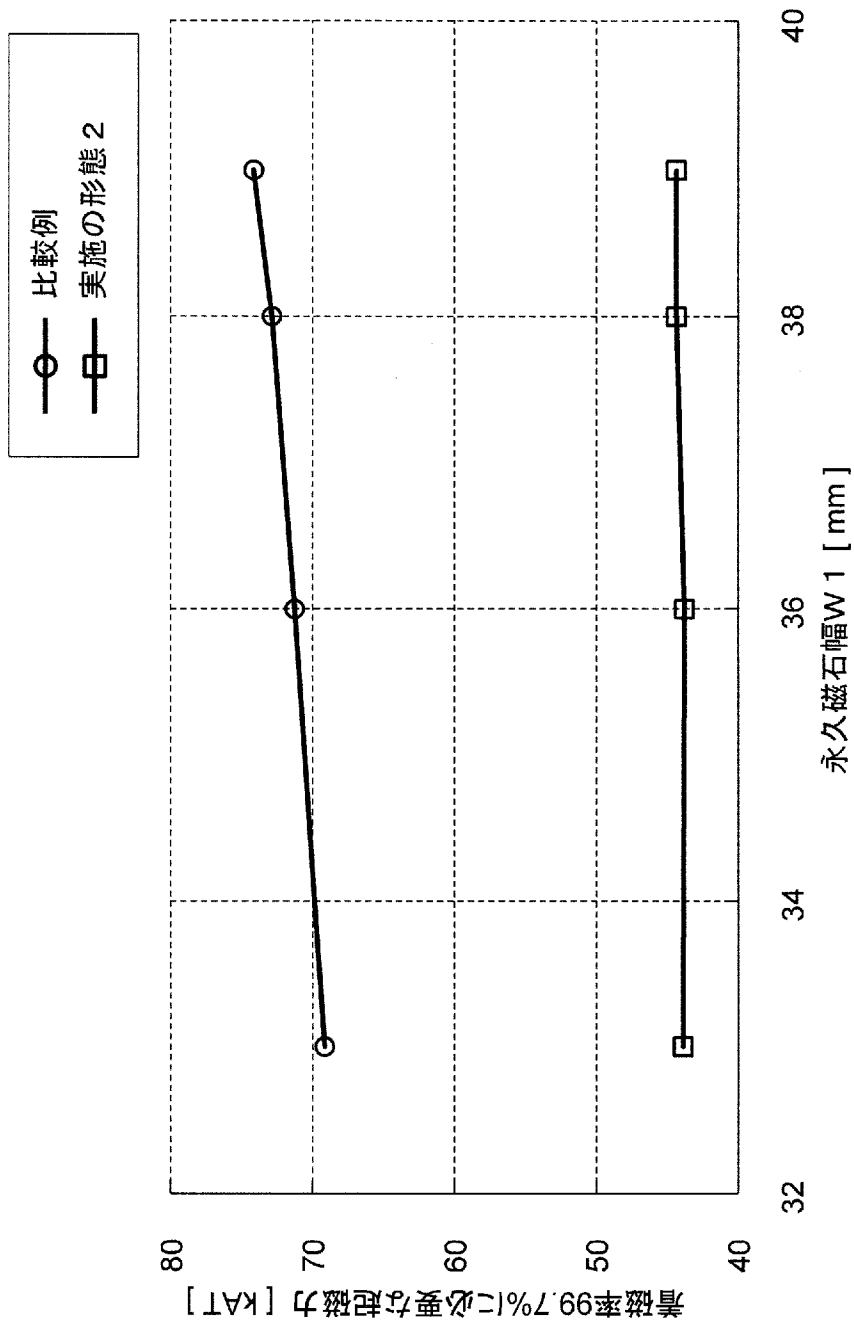
[図23]



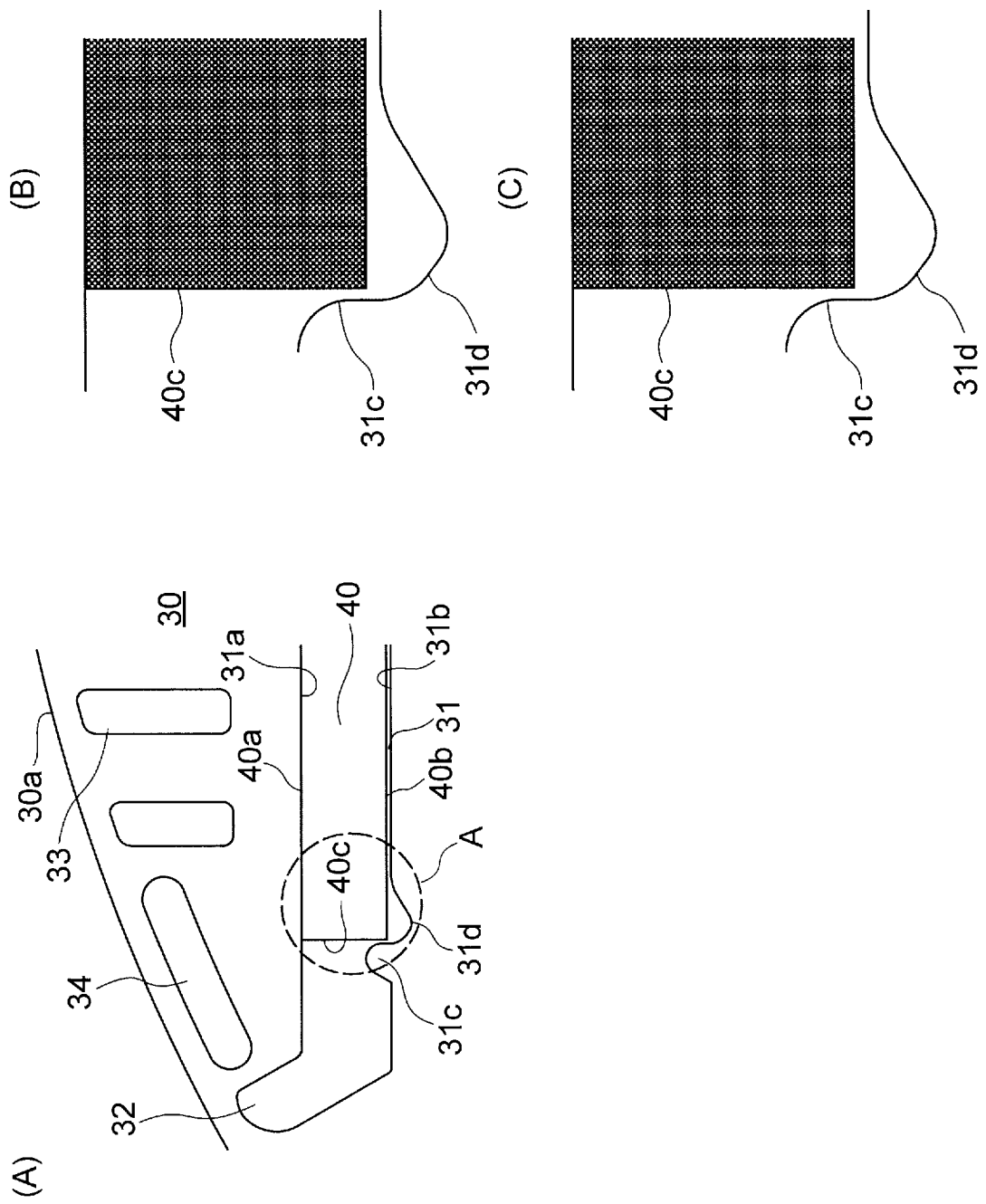
[図25]



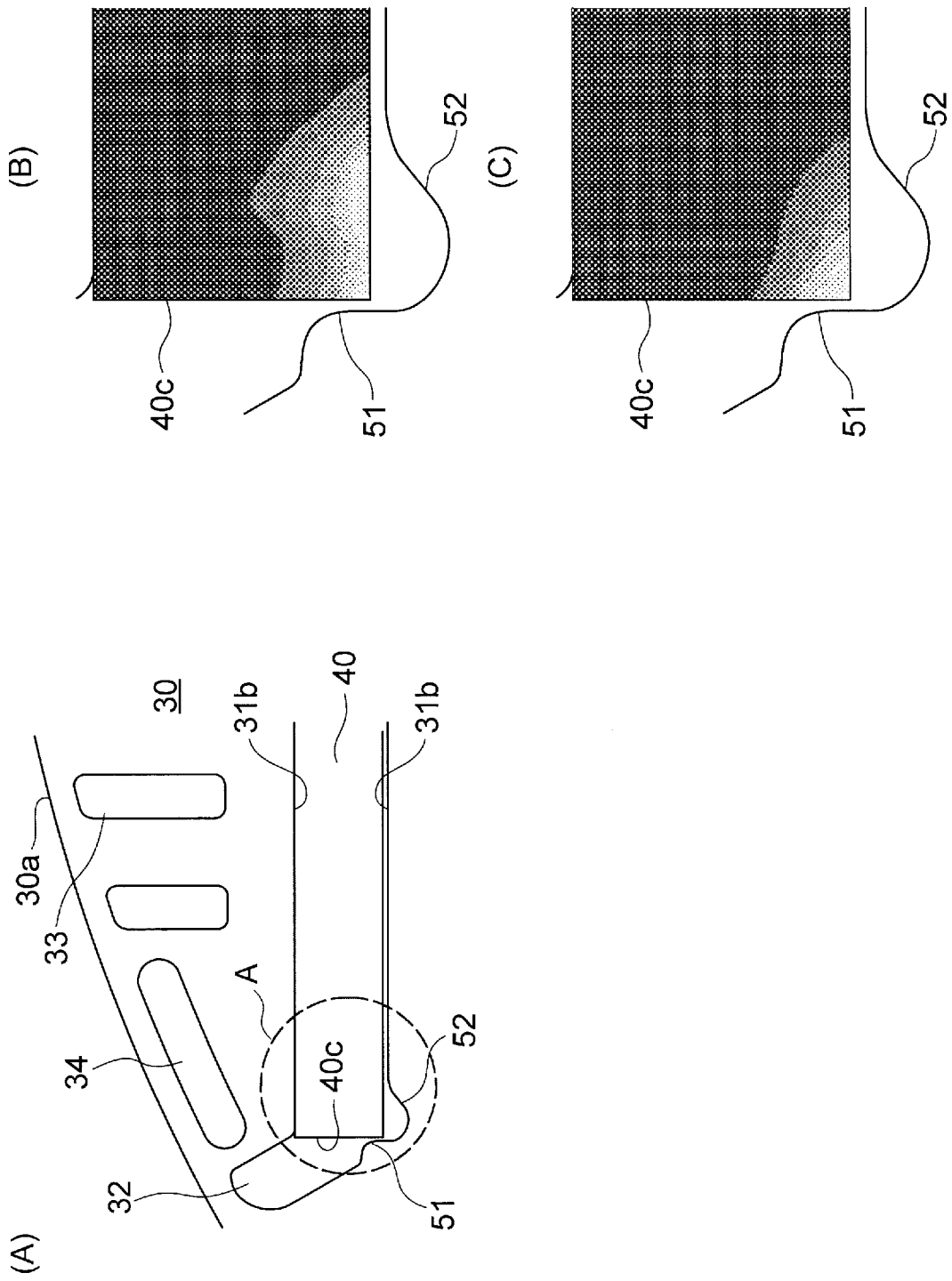
[図26]



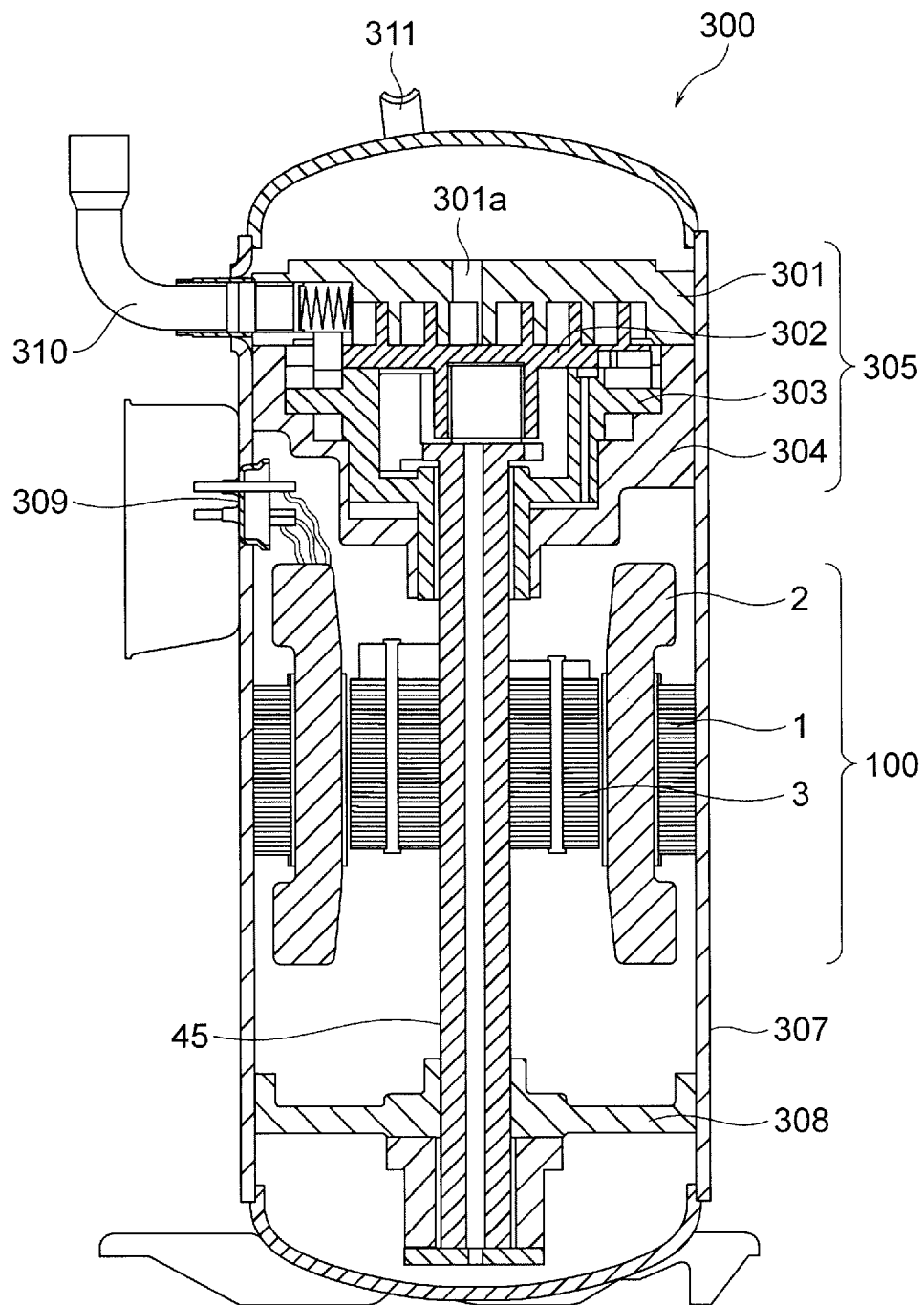
[図27]



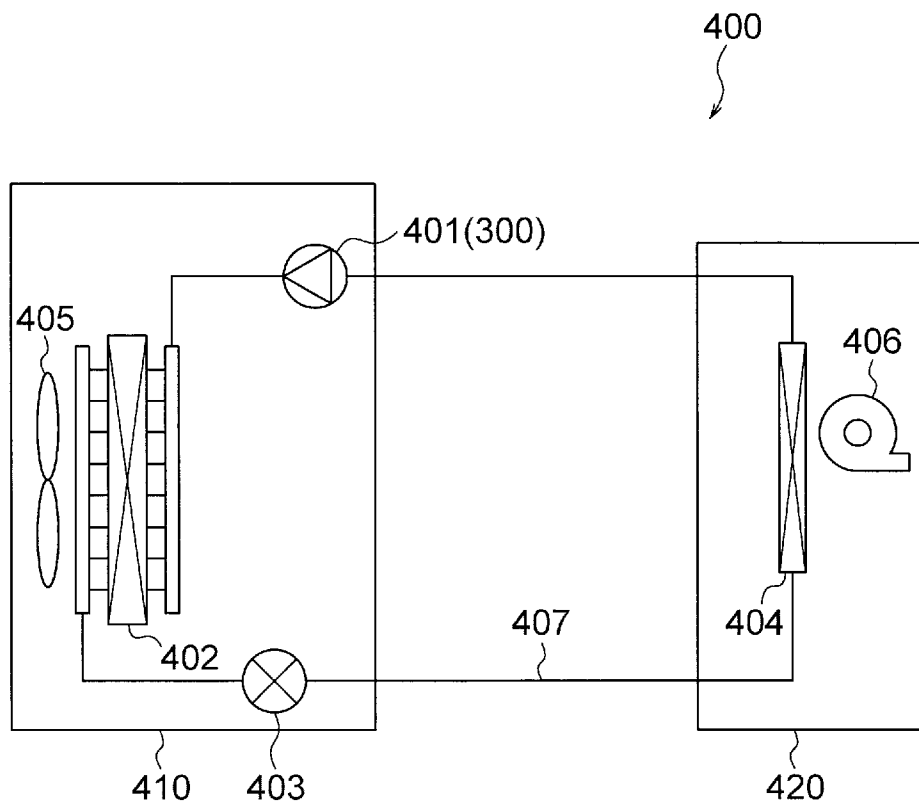
[図28]



[図29]



[図30]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/015165

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K 15/03(2006.01)i

FI: H02K15/03 G

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)

H02K15/03

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
A	WO 2020/240617 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 03 December 2020 (2020-12-03) paragraphs [0009]-[0071], fig. 1-15, in particular, paragraph [0035], fig. 10	1-16
A	WO 2020/089994 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 07 May 2020 (2020-05-07) paragraphs [0009]-[0091], fig. 1-12	1-16

☐ 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
07 June 2021 (07.06.2021)

Date of mailing of the international search report
15 June 2021 (15.06.2021)

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/015165

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2020/240617 A1	03 Dec. 2020	(Family: none)	
WO 2020/089994 A1	07 May 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 15/03(2006.01)i FI: H02K15/03 G														
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）） H02K15/03 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 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021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 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021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 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021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												
A	WO 2020/240617 A1（三菱電機株式会社）03.12.2020（2020 - 12 - 03） 段落[0009]-[0071], 図1-15, 特に段落[0035], 図10	1-16												
A	WO 2020/089994 A1（三菱電機株式会社）07.05.2020（2020 - 05 - 07） 段落[0009]-[0091], 図1-12	1-16												
☐ 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 07.06.2021	国際調査報告の発送日 15.06.2021													
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） 谿花 正由輝 3V 3120 電話番号 03-3581-1101 内線 3358													

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/JP2021/015165

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2020/240617	A1	03.12.2020	(ファミリーなし)	
WO	2020/089994	A1	07.05.2020	(ファミリーなし)	