

(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
2012年8月16日(16.08.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/108199 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 32/04 (2006.01) *F25B 1/053* (2006.01)
F04D 29/058 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/000865
- (22) 国際出願日: 2012年2月9日(09.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-027178 2011年2月10日(10.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): ダイキン工業株式会社(DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5308323 大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号 梅田センタービル Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 中澤 勇二(NAKAZAWA, Yuji) [JP/JP]; 〒5258526 滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2 ダイキン工業株式会社 滋賀製作所内 Shiga (JP). 入野 裕介(IRINO, Yusuke) [JP/JP]; 〒5258526 滋賀県草津市

岡本町字大谷1000番地の2 ダイキン工業株式会社 滋賀製作所内 Shiga (JP). 山下 尚也(YAMASHITA, Naoya) [JP/JP]; 〒5258526 滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2 ダイキン工業株式会社 滋賀製作所内 Shiga (JP).

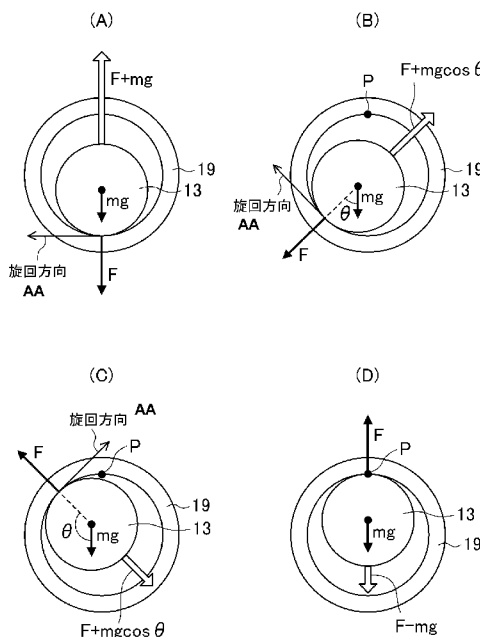
- (74) 代理人: 特許業務法人前田特許事務所(MAEDA & PARTNERS); 〒5410053 大阪府大阪市中央区本町2丁目5番7号 大阪丸紅ビル5階 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

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

(54) 発明の名称: 軸受機構、電動機、圧縮機及び冷凍装置

【図5】



AA Direction of rotation

(57) Abstract: This bearing mechanism is equipped with: magnetic bearings (14) which, when energized, support a drive shaft (13) in a rotatable and non-contact manner, said drive shaft being arranged extending horizontally; cylindrical members (19), which are formed as cylinders surrounding the drive shaft (13) and which support the drive shaft (13) at their inner circumferential lower part when the magnetic bearings (14) are not energized; and a control unit (20) that controls the magnetic force of the magnetic bearings (14) so as to perform a rotation operation whereby the drive shaft (13) supported at the inner circumferential lower part of the cylindrical members (19) moves upward along the inner circumferential surface of the cylindrical members (19) when energization of the magnetic bearings (14) begins, and a shaft movement operation subsequent to the rotation operation, whereby the drive shaft (13) moves in the direction of the central axes of the magnetic bearings (14).

(57) 要約: 軸受機構は、水平方向に延びるように配置される駆動軸(13)を通電時に非接触状態で回転自在に支持する磁気軸受(14)と、駆動軸(13)を囲む円筒状に形成され、磁気軸受(14)の非通電時に駆動軸(13)を内周下部で支持する円筒部材(19)と、磁気軸受(14)の通電開始時に円筒部材(19)の内周下部に支持される駆動軸(13)が、円筒部材(19)の内周面に沿って上方へ移動する旋回動作と、該旋回動作後の駆動軸(13)が磁気軸受(14)の中心軸方向へ移動する軸移動動作と、を行うように、磁気軸受(14)の電磁力を制御する制御部(20)と備えている。



ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー 添付公開書類:

ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：軸受機構、電動機、圧縮機及び冷凍装置

技術分野

[0001] 本発明は、磁気軸受と該磁気軸受の電磁力を制御する制御部とを備える軸受機構、電動機、圧縮機及び冷凍装置に関する。

背景技術

[0002] 従来より、駆動軸の軸受として、磁気軸受を用いることが知られている。例えば特許文献1には、水平方向に延びるように配置される駆動軸が連結されるロータを有する電動機と、駆動軸を非接触状態で支持するラジアル磁気軸受と、駆動軸を囲む円筒状に形成されるラジアル補助軸受（円筒部材）とを備える圧縮機が開示されている。

[0003] 電動機の動作時には、磁気軸受が通電されているため、該磁気軸受によって駆動軸が非接触状態で支持される。これにより、軸受摩擦を作用させることなく、駆動軸を回転させることができる。一方、電動機の停止時に磁気軸受の通電が停止される場合や、磁気軸受が何らかの理由により制御不能になって非通電となり電動機が停止した場合には、駆動軸は円筒部材の内周下部に支持される。これにより、磁気軸受に駆動軸が当たって該磁気軸受が破損してしまうことを抑制できる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-105346号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述のように磁気軸受が非通電となり駆動軸が円筒部材の内周下部に支持される場合、磁気軸受と駆動軸との隙間が不均一になる。具体的には、駆動軸の周囲では、下側の隙間の方が、上側の隙間よりも狭くなる。その結果、駆動軸に作用する上向きの吸引力よりも、下向きの吸引力の方が大きくな

るため、駆動軸に下向きの不平衡吸引力が作用することになる。

[0006] 一方、前記磁気軸受を起動させる場合には、まず、駆動軸の軸心を、磁気軸受の中心軸方向へ移動させる必要がある。駆動軸を鉛直方向上方へ移動させる際に必要な電磁力は、前記不平衡吸引力（ F とする）と、駆動軸に作用する重力（ $m g$ とする）とを加算した値（ $F + m g$ ）となる（図5（A）参照）。一般的に、磁気軸受は、駆動軸を浮上させる際に最も大きな電磁力が必要となることが多く、このような場合には、磁気軸受は、駆動軸を浮上させるのに必要な最大電磁力を出力可能なように設計される。このように最大電磁力を確保するためには、磁気軸受や、該磁気軸受の電磁力を制御するためのパワーデバイス（IGBT等）を有する制御部を大型化しなければならない。これに対して、前記最大電磁力を小さくするために、駆動軸と円筒部材とのクリアランスを小さくすることも考えられる。しかしそうすると、駆動軸に高い寸法精度が要求されたり、円筒部材に駆動軸を組み付ける際に高い寸法精度が要求されたりするため、製品の加工コストや組立コストが上昇してしまう。

[0007] 本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的は、駆動軸と円筒部材とのクリアランスを確保しつつ、磁気軸受の起動時に、駆動軸を磁気軸受の中心軸方向へ移動させる際に必要な最大電磁力を低減することである。

課題を解決するための手段

[0008] 第1の発明は、軸受機構であり、水平方向に延びるように配置される駆動軸（13）を、通電時に非接触状態で回転自在に支持する磁気軸受（14）と、前記駆動軸（13）を囲む円筒状に形成され、前記磁気軸受（14）の非通電時に前記駆動軸（13）を内周下部で支持する円筒部材（19）と、前記磁気軸受（14）の通電開始時に前記円筒部材（19）の内周下部に支持される駆動軸（13）が、前記円筒部材（19）の内周面に沿って上方へ移動する旋回動作と、該旋回動作後の駆動軸（13）が前記磁気軸受（14）の中心軸方向へ移動する軸移動動作と、を行うように、前記磁気軸受（14）の電磁力を制御する制

御部（20）と、を備えることを特徴としている。

[0009] 第1の発明では、磁気軸受（14）の通電時には、駆動軸（13）は磁気軸受（14）によって非接触状態で支持される。これにより、軸受摩擦を作用させることなく駆動軸（13）を支持することができる。一方、磁気軸受（14）の非通電時には、駆動軸（13）は円筒部材（19）によって支持される。従って、磁気軸受（14）に駆動軸（13）が当たることによる磁気軸受（14）の破損を抑制できる。

[0010] 第1の発明では、磁気軸受（14）の通電開始時には、駆動軸（13）が円筒部材（19）の内周下部に支持されている状態となっている。このような状態において、制御部（20）が磁気軸受（14）の電磁力を制御することにより、駆動軸（13）は、円筒部材（19）の内周面に沿って上方へ移動する旋回動作を行い、その後、駆動軸（13）は、駆動軸（13）が磁気軸受（14）の中心軸方向へ移動する軸移動動作を行う。

[0011] 前記旋回動作では、駆動軸（13）は、該駆動軸（13）に作用する不平衡吸引力と直交する向きに移動する（図5（A）～図（C）参照）ため、該不平衡吸引力の大きさに関係なく、駆動軸（13）を旋回動作させることができる。

[0012] 一方、前記軸移動動作では、駆動軸（13）は、該駆動軸（13）に作用する不平衡吸引力と反対側へ移動する（図5（B）参照）。このように駆動軸（13）を移動させるのに必要な電磁力は、前記不平衡吸引力と、駆動軸（13）に作用する重力のうち不平衡吸引力と同じ方向の成分とを加算した値となる。

[0013] 上述のように、第1の発明では、旋回動作の際に必要な電磁力、及び軸移動動作の際に必要な電磁力の双方とも、従来必要であった最大電磁力 $F + m g$ よりも小さくなる。

[0014] 第2の発明は、第1の発明において、前記制御部（20）は、前記駆動軸（13）が、前記旋回動作において前記駆動軸（13）の軸心が前記磁気軸受（14）の中心軸よりも上方となる位置まで移動するように、前記磁気軸受（14）

の電磁力を制御することを特徴としている。

[0015] 第2の発明では、図5（C）にも示すように、駆動軸（13）が軸移動動作する際の力に、駆動軸（13）に作用する重力を利用できるため、軸移動動作の際に必要な電磁力を軽減できる。

[0016] 第3の発明は、第2の発明において、前記制御部（20）は、前記駆動軸（13）が、前記旋回動作において前記円筒部材（19）の内周上端部まで移動するように、前記磁気軸受（14）の電磁力を制御することを特徴としている。

[0017] 第3の発明では、図5（D）にも示すように、駆動軸（13）が軸移動動作する際の力に、駆動軸（13）に作用する重力の大きさをそのまま利用できるように、軸移動動作の際に必要な電磁力を効果的に軽減できる。

[0018] 第4の発明は、電動機であり、第1から第3の発明のうちいずれか1つの軸受機構（8）と、前記磁気軸受（14）によって支持される駆動軸（13）が連結されるロータ（12）と、該ロータ（12）を回転させるためのステータ（11）と、を備えることを特徴としている。

[0019] 第4の発明では、第1から第3の発明のうちいずれか1つの軸受機構（8）が、電動機に用いられる。

[0020] 第5の発明は、第4の発明において、前記ステータ（11）又は前記ロータ（12）は、永久磁石（12a）を備えることを特徴としている。

[0021] 第5の発明では、駆動軸（13）が円筒部材（19）によって支持されているとき、ステータ（11）とロータ（12）の間には、永久磁石（12a）の吸引力に起因する比較的大きな不平衡吸引力が発生する。そうすると、従来の場合だと、磁気軸受（14）に必要な最大電磁力（ $F + mg$ ）が非常に大きくなってしまふ。これに対して、第5の発明では、第1から第3の発明の軸受機構（8）を用いることにより、磁気軸受（14）に必要な最大電磁力が低減する。

[0022] 第6の発明は、圧縮機であり、第4又は第5の発明の電動機（10）を備えることを特徴としている。

- [0023] 第6の発明では、第4又は第5の発明の電動機(10)が、圧縮機に用いられる。
- [0024] 第7の発明は、第6の発明において、ターボ圧縮機(1)で構成されていることを特徴としている。
- [0025] 第7の発明では、圧縮機が、ターボ圧縮機(1)で構成されている。
- [0026] 第8の発明は、冷凍装置であり、第6又は第7の発明の圧縮機(1)が設けられた冷媒回路(41, 51)を備え、該冷媒回路(41, 51)で冷凍サイクルを行うことを特徴としている。
- [0027] 第8の発明では、第6又は第7の発明の圧縮機(1)が、冷媒回路(41, 51)で冷凍サイクルを行う冷凍装置に用いられる。

発明の効果

- [0028] 前記第1の発明は、磁気軸受(14)の通電開始時に、駆動軸(13)を、いったん円筒部材(19)の周方向に沿って上昇させた後、磁気軸受(14)の中心軸方向へ移動させている。こうすると、駆動軸(13)を磁気軸受(14)の中心軸方向へ移動させるのに必要な最大電磁力を低減できるため、磁気軸受(14)や、該磁気軸受(14)の電磁力を制御するためのパワーデバイス等を有する制御部(20)の大型化を抑制できる。しかも、前記最大電磁力を低減するために駆動軸(13)と円筒部材(19)とのクリアランスを小さくする必要がなくなる。これにより、駆動軸(13)の加工コストや、円筒部材(19)に駆動軸(13)を組み付ける際の組立コストを低減できる。
- [0029] また、前記第2の発明によれば、駆動軸(13)に作用する重力を利用して該駆動軸(13)を磁気軸受(14)の中心軸方向へ移動できるため、磁気軸受(14)の最大電磁力をより低減できる。
- [0030] また、前記第3の発明によれば、駆動軸(13)に作用する重力を効果的に利用して該駆動軸(13)を磁気軸受(14)の中心軸方向へ移動できるため、磁気軸受(14)の最大電磁力を更に低減できる。
- [0031] また、前記第4の発明によれば、前記第1から第3の発明の軸受機構(8)を、電動機(10)に用いることができる。

[0032] また、前記第5の発明によれば、ステータ（11）又はロータ（12）に永久磁石が設けられることにより不平衡吸引力が比較的大きくなる電動機（10）において、前記軸受機構（8）を設けることにより、磁気軸受（14）や制御部（20）の大型化を効果的に抑制できる。

[0033] また、前記第6の発明によれば、第4又は第5の発明の電動機（10）を、圧縮機に用いることができる。

[0034] また、前記第7の発明によれば、ターボ圧縮機で構成される圧縮機に、前記第4又は第5の発明の電動機（10）を用いることができる。

[0035] また、前記第8の発明によれば、前記第6又は第7の圧縮機（1）を、冷凍装置に用いることができる。

図面の簡単な説明

[0036] [図1]図1は、実施形態1に係るターボ圧縮機の構造を示す概略図である。

[図2]図2は、図1におけるA方向から見た矢視図であって、磁気軸受の構造を示す平面図である。

[図3]図3は、図2におけるIII－III線断面図である。

[図4]図4は、制御部の制御動作を示すフローチャートである。

[図5]図5は、駆動軸がタッチダウン軸受の内周面に沿って上方へ移動する様子を示す図であって、図5（A）は駆動軸がタッチダウン軸受の内周下部に位置する状態（磁気軸受が通電されていない時の状態）を示す図、図5（B）及び図5（C）は、移動途中の駆動軸を示す図、図5（D）は、駆動軸がタッチダウン軸受内の上端部に位置する状態を示す図である。

[図6]図6は、実施形態2に係る空調機の冷媒回路図である。

[図7]図7は、実施形態3に係るチラーの冷媒回路図である。

発明を実施するための形態

[0037] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の実施形態は、本質的に好ましい例示であって、本発明、その適用物、あるいはその用途の範囲を制限することを意図するものではない。

[0038] 〈発明の実施形態1〉

本発明の実施形態 1 は、本発明に係る軸受機構 (8) を有するターボ圧縮機 (1) である。ターボ圧縮機 (1) は、冷媒が循環して冷凍サイクル運転動作を行う冷媒回路 (図示省略) に接続され、冷媒を圧縮するものである。

[0039] ターボ圧縮機 (1) は、図 1 に示すように、ケーシング (2) と、該ケーシング (2) 内に收容される電動機 (10) と、羽根車 (30) とを備えている。

[0040] ケーシング (2) は、両端が閉塞された横長円筒状に形成されている。ケーシング (2) 内の空間は、図 1 におけるケーシング (2) の右側端部から所定の距離を置いて配置される壁部 (3) によって区画されている。該壁部 (3) よりも右側の空間が、羽根車 (30) を收容するインペラ室 (4) を形成し、該壁部 (3) よりも左側の空間が、電動機 (10) を收容する電動機空間 (5) を形成する。また、インペラ室 (4) の外周側には、該インペラ室 (4) と連通する圧縮空間 (4a) が設けられている。

[0041] ケーシング (2) には、冷媒回路からの冷媒をインペラ室 (4) 内へ導くための吸入管 (6) と、インペラ室 (4) 内で圧縮された高圧の冷媒を冷媒回路へ戻すための吐出管 (7) とが接続されている。

[0042] 羽根車 (30) は、複数の羽根によって外形が略円錐形状となるように形成されている。羽根車 (30) は、駆動軸 (13) の一端に固定された状態で、インペラ室 (4) 内に收容されている。

[0043] 電動機 (10) は、ケーシング (2) の内周壁に固定される略筒状のステータ (11) と、該ステータ (11) の内側に所定の隙間 (エアギャップ) を介して挿通される円筒状のロータ (12) と、軸心が該ロータ (12) の軸心と同軸となるようにロータ (12) に挿通固定される駆動軸 (13) とを備えている。ロータ (12) には、複数の永久磁石 (12a) が埋設されている。ロータ (12) は、永久磁石 (12a) がステータ (11) 内で発生する回転磁界に引きつけられるように回転することにより、ステータ (11) 内で回転する。駆動軸 (13) は、水平方向に延びるように配置されている。

[0044] 電動機 (10) は、軸受機構 (8) を備えている。軸受機構 (8) は、略筒状に形成された 2 つの磁気軸受 (14, 14) と、円筒部材としての 2 つのタッ

チダウン軸受（19, 19）と、磁気軸受（14）の電磁力を制御する制御部（20）とを備えている。なお、図示は省略するが、電動機（10）は、駆動軸（13）をスラスト方向に支持するタッチダウン軸受を備える場合もある。

[0045] 磁気軸受（14）及びタッチダウン軸受（19）は、駆動軸（13）をラジアル方向に支持するためのものである。磁気軸受（14）及びタッチダウン軸受（19）は、ともにケーシング（2）内に固定されている。磁気軸受（14）は、通電時に駆動軸を非接触状態で支持するように構成されている。また、タッチダウン軸受（19）は、磁気軸受（14）の非通電時（具体的には、電動機（10）の停止時や、何らかの理由により磁気軸受（14）が制御不能となって非通電となっている場合等）に駆動軸（13）を支持するように構成されている。磁気軸受（14, 14）は、駆動軸（13）の両端側を支持するように駆動軸（13）の一端側と他端側とに配置されている。タッチダウン軸受（19, 19）は、駆動軸（13）の両端部を支持するように磁気軸受（14, 14）よりも外側に配置されている。

[0046] 磁気軸受（14）は、図2及び図3に示すように、いわゆるホモポーラ型のラジアル軸受で構成されている。磁気軸受（14）は、略筒状に形成される筒部（15a）と、該筒部（15a）の内周面から径方向内方へ向かって突出する複数の突出部（15b）とが一体形成されたコア部（15）と、突出部（15b）のそれぞれに巻回されるコイル線（16）とを備えている。コイル線（16）には、電源（図示省略）が接続されている。突出部（15b）は、実施形態1では、8つ設けられている。8つのうちの4つの突出部（15b）は、筒部（15a）における軸方向の一端部（図3における左端部）から、該筒部（15a）の周方向に等間隔を置いて（すなわち互いに90度の間隔を置いて）、径方向内方へ突出するように形成されている。残りの4つの突出部（15b）は、筒部（15a）における軸方向の他端部（図3における右端部）から、該筒部（15a）の周方向に互いに90度の間隔を置いて、径方向内方へ突出するように形成されている。また、磁気軸受（14）は、永久磁石（17）を備えている。永久磁石（17）は、図3に示すように、磁気軸受（14）の軸方向に隣接する2つの突

出部（15b, 15b）の間に設けられている。なお、前記磁気軸受は、永久磁石を有さない、いわゆるヘテロポーラ型のラジアル軸受で構成されていてもよい。

[0047] タッチダウン軸受（19）は、玉軸受で構成されている。タッチダウン軸受（19）の内径は、磁気軸受（14）の内径よりも小さくなるように形成されている。これにより、磁気軸受（14）の非通電時に、駆動軸（13）を内周下部で支持することができるため、磁気軸受（14）の破損を防止できる。また、ケーシング（2）の内側には、ギャップセンサ（図示省略）が取り付けられていて、タッチダウン軸受（19）内における駆動軸（13）の位置が検出される。なお、本実施形態１では、タッチダウン軸受（19）は、上述のように玉軸受で構成されているが、この限りでなく、例えば単なる円筒状の部材で構成されていてもよい。

[0048] 上述のように、タッチダウン軸受（19）は、磁気軸受（14）が通電されていない場合に、駆動軸（13）を支持する。タッチダウン軸受（19）は、内周下部で駆動軸（13）を支持するため、図５（Ａ）にも示す通り、駆動軸（13）とタッチダウン軸受（19）との隙間は、上側よりも下側の方が狭くなっている。このとき、駆動軸（13）と磁気軸受（14）との隙間についても、上側よりも下側の方が狭くなる。そうすると、磁気軸受（14）の下側の吸引力の方が、上側の吸引力よりも大きくなる。つまりこのとき、駆動軸（13）には、下向きの不平衡吸引力が作用している。なお、電動機（10）のステータ（11）とロータ（12）との隙間についても同様に、不平衡吸引力が作用している。

[0049] 制御部（20）は、図示しないＩＧＢＴ等のパワーデバイスを持有して、磁気軸受（14）の電磁力を制御するように構成されている。具体的には、制御部（20）は、タッチダウン軸受（19）によって支持される駆動軸（13）が、後述する旋回動作及び軸移動動作を行うように、コイル線（16）を流れる電流を調整することにより磁気軸受（14）内の電磁力を制御する。前記旋回動作は、駆動軸（13）が円筒部材（19）の内周面に沿って上方へ移動する

動作である。前記軸移動動作は、旋回動作後の駆動軸（13）が前記磁気軸受（14）の中心軸方向へ移動する動作である。

[0050] －運転動作－

次に、ターボ圧縮機（1）の運転動作について説明する。

[0051] 電動機（10）が起動されると、磁気軸受（14）の通電が開始される。すると駆動軸（13）は、磁気軸受（14）内に生成される電磁力によって、詳しくは後述する旋回動作及び軸移動動作を行うことにより、磁気軸受（14）によって非接触状態で支持される。

[0052] また、電動機（10）の起動によりロータ（12）が回転駆動すると、羽根車（30）がインペラ室（4）内で回転する。これにより、吸入管（6）から冷媒が吸入されるとともに、該吸入された冷媒が羽根車（30）によって圧縮空間（4a）へ送られて高圧まで圧縮される。このように圧縮された冷媒は、吐出管（7）から吐出されて冷媒回路へ戻される。

[0053] －電動機の起動時における制御部の動作－

電動機（10）が起動されると、磁気軸受（14）の通電が開始され、制御部（20）が磁気軸受（14）内の電磁力の制御を開始する。これに伴って、駆動軸（13）がタッチダウン軸受（19）内を移動する。この動作を、図4及び図5に基づいて説明する。

[0054] 図4におけるステップS1で電動機（10）の起動指令が出されると、ステップS2では、駆動軸（13）が、タッチダウン軸受（19）内の内周上端部（目標位置（P）とする）に到達しているか否かが判定される。具体的には、ギャップセンサで検出された駆動軸（13）が目標位置（P）に到達している場合（Yesの場合）には、ステップS5へ進む。一方、ギャップセンサで検出された駆動軸（13）が目標位置（P）に到達していない場合（Noの場合）には、ステップS3へ進む。磁気軸受（14）の通電がなされていない場合、駆動軸（13）は通常、タッチダウン軸受（19）の下端部に位置するため（図5（A）参照）、ステップ2では、駆動軸（13）の高さが目標位置（P）よりも低いと判定される場合が多い。なお、ステップS2は省略することも可能

である。この場合、ステップS 1 からステップS 3 へ直接進む。

[0055] 次いで、ステップS 3 では、駆動軸 (13) がタッチダウン軸受 (19) の内周面に沿って上方へ移動する旋回動作を行うように、制御部 (20) が磁気軸受 (14) の電磁力を制御する。具体的には、制御部 (20) は、駆動軸 (13) が前記旋回動作を行うように、磁気軸受 (14) のコイル線 (16) を流れる電流を制御する。これにより、磁気軸受 (14) 内には、駆動軸 (13) が旋回動作するような電磁力が生成される。その結果、駆動軸 (13) は旋回動作を行い、タッチダウン軸受 (19) の内周面に沿って上方へ移動する。

[0056] 次いでステップS 4 では、ステップS 2 と同様、駆動軸 (13) が目標位置 (P) に到達しているか否かが判定される。駆動軸 (13) の位置が目標位置 (P) に到達していると判定された場合 (Y e s の場合) には、ステップS 5 へ進む。一方、駆動軸 (13) の位置が目標位置 (P) に到達していないと判定された場合 (N o の場合) には、再びステップS 3 に戻り、駆動軸 (13) の旋回動作が継続して行われる。つまり、駆動軸 (13) は、図5 (B) の状態及び図5 (C) の状態を経て、目標位置 (P) に到達するまで旋回動作を続ける。そして、駆動軸 (13) が目標位置 (P) に到達すると (図5 (D) 参照)、ステップS 5 へ進む。

[0057] なお、ステップS 4 を省略して、ステップS 3 からステップS 5 へ直接進むことも可能である。具体的には、駆動軸 (13) が目標位置 (P) に到達するために必要なコイル線 (16) の電流値を予め算出しておく。この電流値をコイル線 (16) に流すことにより、駆動軸 (13) を目標位置 (P) まで旋回させることができる。

[0058] 駆動軸 (13) の旋回は、図5 (A) ~図5 (C) にも示すように、駆動軸 (13) に作用する不平衡吸引力Fと直交する方向に向かって行われる。つまり、不平衡吸引力Fは、駆動軸 (13) の旋回には影響を及ぼさない。従って、駆動軸 (13) を旋回させるために必要な電磁力は、従来必要であった最大電磁力 $F + m g$ よりも小さくなる。

[0059] ステップS 5 では、駆動軸 (13) が磁気軸受 (14) の中心軸方向へ移動

する軸移動動作を行うように、制御部（20）が磁気軸受（14）の電磁力を制御する。具体的には、制御部（20）は、駆動軸（13）が前記軸移動動作を行うように、磁気軸受（14）のコイル線（16）を流れる電流を制御する。これにより、磁気軸受（14）内には、駆動軸（13）が軸移動動作するような電磁力が生成される。その結果、駆動軸（13）は軸移動動作を行う。

[0060] 駆動軸（13）が軸移動動作を行う際に必要な電磁力は、図5（D）にも示すように、駆動軸（13）に作用する上向きの不均衡吸引力 F と、該駆動軸（13）に作用する下向きの重力 $m g$ との差分（ $F - m g$ ）となる。

[0061] 上述のように駆動軸（13）が軸移動動作を行うと、駆動軸（13）は磁気軸受（14）によって非接触状態で保持される。

[0062] ー実施形態1の効果ー

以上のように、実施形態1に係るターボ圧縮機（1）では、電動機（10）の初動時、駆動軸（13）をタッチダウン軸受（19）の周方向に沿って、該タッチダウン軸受（19）の内周上端部まで移動させた後、磁気軸受（14）の中心軸方向へ移動させている。こうすると、従来、磁気軸受の最大電磁力が $F + m g$ 必要であったのに対して、磁気軸受（14）の最大電磁力を $F - m g$ まで低減できる。その結果、磁気軸受（14）や、該磁気軸受（14）の電磁力を制御する制御部（20）を小型化できる。しかも、上述のように最大電磁力を低減できるため、コイル線（16）に流す電流を抑制できる。これにより、コイル線（16）にかかるストレスを低減できる。また、実施形態1によれば、磁気軸受の最大電磁力を低減するために駆動軸（13）とタッチダウン軸受（19）とのクリアランスを小さくする必要がないため、駆動軸（13）の加工コストや、円筒部材（19）に駆動軸（13）を組み付ける際の組立コストを低減できる。

[0063] <発明の実施形態2>

発明の実施形態2は、実施形態1に係る圧縮機（1）を備える空調機（40）である。

[0064] ー全体構成ー

空調機（40）は、冷媒が充填される冷媒回路（41）を備え、冷媒が循環して冷凍サイクルを行う冷凍装置を構成している。冷媒回路（41）には、前記圧縮機（1）と、室外熱交換器（42）と、室内熱交換器（43）と、膨張弁（44）と、四路切換弁（45）とが接続されている。この冷媒回路（41）では、冷媒が循環することで蒸気圧縮式の冷凍サイクルが行われる。

[0065] 室外熱交換器（42）は、室外空間に配置されている。室外熱交換器（42）では、その内部を流れる冷媒と室外空気とが熱交換する。室内熱交換器（43）は、室内空間に配置されている。室内熱交換器（43）では、その内部を流れる冷媒と室内空気とが熱交換する。

[0066] 膨張弁（44）は、室外熱交換器（42）と室内熱交換器（43）との間に接続されている。膨張弁（44）は、例えば電子膨張弁で構成されている。

[0067] 四路切換弁（45）は、第1から第4までの4つのポートを備えている。四路切換弁（45）では、第1ポートが室内熱交換器（43）と繋がり、第2ポートが圧縮機（1）の吐出管（7）と繋がり、第3ポートが圧縮機（1）の吸入管（6）と繋がり、第4ポートが室外熱交換器（42）と繋がっている。四路切換弁（45）は、第1ポートと第3ポートとを連通させると同時に第2ポートと第4ポートとを連通させる第1状態（図6の実線の状態）と、第1ポートと第2ポートとを連通させると同時に第3ポートと第4ポートとを連通させる第2状態（図6の破線の状態）とに切換可能となっている。

[0068] ー運転動作ー

次に、実施形態2に係る空調機（40）の運転動作について説明する。空調機（40）の冷媒回路（41）では、四路切換弁（45）の設定に応じて、冷媒の循環方向が切り換わる。具体的には、四路切換弁（45）は、冷房運転において図6の実線で示す状態となる。その結果、冷房運転では、室外熱交換器（42）が放熱器となり、室内熱交換器（43）が蒸発器となる冷凍サイクルが行われる。一方、四路切換弁（45）は、暖房運転において図6の破線で示す状態となる。その結果、暖房運転では、室外熱交換器（42）が蒸発器となり、室内熱交換器（43）が放熱器となる冷凍サイクルが行われる。以下には、

このような空調機（40）の冷房運転を代表に説明する。

[0069] 図6に示す冷媒回路（41）において、圧縮機（1）で圧縮された冷媒は、吐出管（7）より吐出される。その後、冷媒は室外熱交換器（42）を流れる。室外熱交換器（42）では、高圧冷媒が室外空気へ放熱する。室外熱交換器（42）で放熱した後の高圧冷媒は、膨張弁（44）を通過する際に減圧されて、低圧冷媒となる。その後、冷媒は室内熱交換器（43）を流れる。室内熱交換器（43）では、冷媒が室内空気から吸熱して蒸発する。その結果、室内の冷房が行われる。室内熱交換器（43）で蒸発した冷媒は、吸入管（6）を流れて圧縮機（1）に吸入され、再び圧縮される。

[0070] 〈発明の実施形態3〉

発明の実施形態3は、実施形態1に係る圧縮機（1）を備えるチラー（50）である。実施形態3では、いわゆる水冷式のチラーを例として説明する。

[0071] ー全体構成ー

チラー（50）は、冷媒が充填される冷媒回路（51）を備え、冷媒が循環して冷凍サイクルを行う冷凍装置を構成している。冷媒回路（51）には、前記圧縮機（1）と、放熱器（52）と、蒸発器（53）と、膨張弁（54）とが接続されている。この冷媒回路（51）では、冷媒が循環することで蒸気圧縮式の冷凍サイクルが行われる。

[0072] 放熱器（52）は、冷媒回路（51）と接続する第1伝熱管（52a）と、冷却水回路（60）（詳しくは後述する）と接続する第2伝熱管（52b）とを有している。つまり、冷媒回路（51）は、放熱器（52）を介して冷却水回路（60）に接続している。放熱器（52）では、第1伝熱管（52a）を流れる冷媒と第2伝熱管（52b）を流れる冷却水とが熱交換する。

[0073] 蒸発器（53）は、冷媒回路（51）と接続する第1伝熱管（53a）と、冷水回路（70）（詳しくは後述する）と接続する第2伝熱管（53b）とを有している。つまり、冷媒回路（51）は、蒸発器（53）を介して冷水回路（70）に接続している。蒸発器（53）では、第1伝熱管（53a）を流れる冷媒と第2伝熱管（53b）を流れる冷水が熱交換する。

[0074] 冷却水回路（60）には、前記放熱器（52）と、冷却水ポンプ（61）と、クーリングタワー（62）とが接続されている。冷却水ポンプ（61）は、冷却水回路（60）内の冷却水を搬送して循環させる。クーリングタワー（62）では、冷却水回路（60）を循環する冷却水が冷却される。

[0075] 冷水回路（70）には、前記蒸発器（53）と、冷水ポンプ（71）と、空気熱交換器（72）とが接続されている。蒸発器（53）では、冷水回路（70）を循環する冷水が冷却される。このように冷却された冷水回路（70）内の水は、空気熱交換器（72）を介して、該空気熱交換器（72）の周囲の空気と熱交換する。

[0076] ー運転動作ー

チラー（50）を起動すると、冷却水ポンプ（61）、冷水ポンプ（71）、圧縮機（1）が駆動される。

[0077] 圧縮機（1）が駆動されると、該圧縮機（1）で圧縮された冷媒が、吐出口（7）より吐出される。その後、冷媒は放熱器（52）を流れる。放熱器（52）では、第1伝熱管（52a）を流れる冷媒が、第2伝熱管（52b）を流れる冷却水に放熱して凝縮する。放熱器（52）の第2伝熱管（52b）で加熱された冷却水は、クーリングタワー（62）によって冷却される。放熱器（52）で凝縮された冷媒は、膨張弁（54）を通過する際に減圧された後、蒸発器（53）を流れる。蒸発器（53）では、第1伝熱管（53a）を流れる冷媒が、第2伝熱管（53b）を流れる冷水から吸熱して蒸発する。蒸発器（53）で蒸発した冷媒は、圧縮機（1）に戻されて圧縮される。

[0078] 冷水回路（70）では、蒸発器（53）の第2伝熱管（53b）で冷却された水は、冷水ポンプ（71）によって空気熱交換器（72）へ搬送される。この水は、空気熱交換器（72）を介して該空気熱交換器（72）の周囲の空気から吸熱する。これにより、該空気熱交換器（72）の周囲の空気が冷却される。空気熱交換器（72）を通過した水は、冷水回路（70）の蒸発器（53）へ戻されて、該蒸発器（53）で再び冷却される。

[0079] ーその他の実施形態ー

前記実施形態については、以下のような構成にしてもよい。

[0080] 前記実施形態 1 では、旋回動作において、駆動軸 (13) を磁気軸受 (14) の内周上端部まで移動させたが、この限りでなく、磁気軸受 (14) の中心軸よりも上方となる位置、より詳しくは、磁気軸受 (14) の中心軸を含む仮想水平面よりも上方となる位置まで移動させてもよい。この後に軸移動動作を行う際に必要となる電磁力は、図 5 (C) にも示すように、 $F + m g \cos \theta$ ($90^\circ < \theta < 270^\circ$) となる。このように、旋回動作において駆動軸 (13) を磁気軸受 (14) の中心軸よりも上方まで移動させることで、軸移動動作の際に駆動軸 (13) に作用する重力を利用できる。その結果、磁気軸受 (14) の最大電磁力を低減できる。

[0081] また、旋回動作において、駆動軸 (13) を、磁気軸受 (14) の中心軸よりも下方となる位置まで移動させてもよい。言い換えれば、駆動軸 (13) が磁気軸受 (14) の内周下端部に位置する状態 (図 5 (A) の状態) から、駆動軸 (13) を少しでも上方へ移動させればよい。これにより、この後の軸移動動作を行う際に必要となる電磁力は、図 5 (B) にも示すように、 $F + m g \cos \theta$ ($0^\circ < \theta \leq 90^\circ$ 、 $270^\circ \leq \theta < 360^\circ$) となる。従って、従来必要であった磁気軸受の最大電磁力 $F + m g$ よりも、磁気軸受 (14) の最大電磁力を小さくできる。

[0082] また、前記実施形態 2 では、実施形態 1 に係る圧縮機 (1) を空調機 (40) に適用し、実施形態 3 では、実施形態 1 に係る圧縮機 (1) をチラー (50) に適用しているが、この限りでなく、その他の冷凍装置に適用することができる。例えば、実施形態 1 に係る圧縮機 (1) を、給湯器や冷蔵庫、冷凍庫等に適用することもできる。

産業上の利用可能性

[0083] 以上説明したように、本発明は、駆動軸が水平方向に延びるように配置される電動機を備えるターボ圧縮機に特に有用である。

符号の説明

[0084] 1 ターボ圧縮機 (圧縮機)

8	軸受機構
1 0	電動機
1 1	ステータ
1 2	ロータ
1 2 a	永久磁石
1 3	駆動軸
1 4	磁気軸受
1 9	タッチダウン軸受（円筒部材）
2 0	制御部
4 0	空調機（冷凍装置）
5 0	チラー（冷凍装置）

請求の範囲

[請求項1] 水平方向に延びるように配置される駆動軸（13）を、通電時に非接触状態で回転自在に支持する磁気軸受（14）と、

前記駆動軸（13）を囲む円筒状に形成され、前記磁気軸受（14）の非通電時に前記駆動軸（13）を内周下部で支持する円筒部材（19）と、

前記磁気軸受（14）の通電開始時に前記円筒部材（19）の内周下部に支持される駆動軸（13）が、前記円筒部材（19）の内周面に沿って上方へ移動する旋回動作と、該旋回動作後の駆動軸（13）が前記磁気軸受（14）の中心軸方向へ移動する軸移動動作と、を行うように、前記磁気軸受（14）の電磁力を制御する制御部（20）と、を備えることを特徴とする軸受機構。

[請求項2] 請求項1において、

前記制御部（20）は、前記駆動軸（13）が、前記旋回動作において前記駆動軸（13）の軸心が前記磁気軸受（14）の中心軸よりも上方となる位置まで移動するように、前記磁気軸受（14）の電磁力を制御することを特徴とする軸受機構。

[請求項3] 請求項2において、

前記制御部（20）は、前記駆動軸（13）が、前記旋回動作において前記円筒部材（19）の内周上端部まで移動するように、前記磁気軸受（14）の電磁力を制御することを特徴とする軸受機構。

[請求項4] 請求項1から3のうちいずれか1つの軸受機構（8）と、

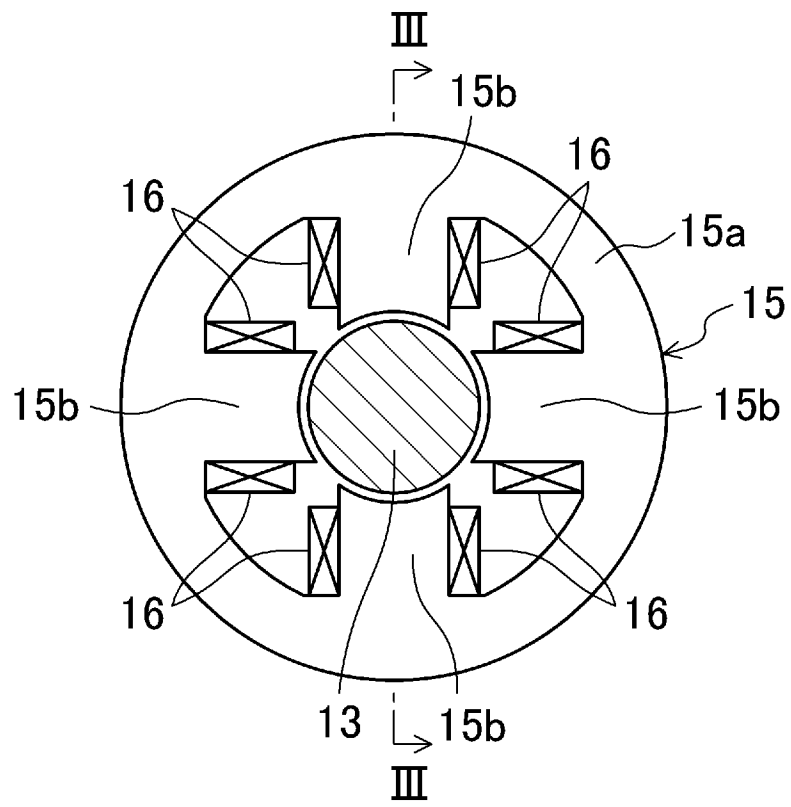
前記磁気軸受（14）によって支持される駆動軸（13）が連結されるロータ（12）と、

前記ロータ（12）を回転させるためのステータ（11）と、を備えることを特徴とする電動機。

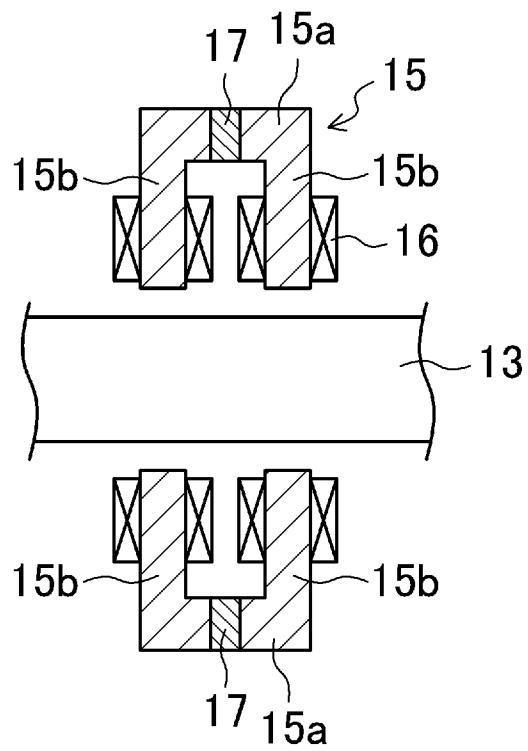
[請求項5] 請求項4において、前記ステータ（11）又は前記ロータ（12）は、永久磁石（12a）を備えることを特徴とする電動機。

- [請求項6] 請求項4又は5の電動機（10）を備えることを特徴とする圧縮機
。
- [請求項7] 請求項6において、ターボ圧縮機（1）で構成されていることを
特徴とする圧縮機。
- [請求項8] 請求項6又は7の圧縮機（1）が設けられた冷媒回路（41，51）
を備え、該冷媒回路（41，51）で冷凍サイクルを行うことを特徴とす
る冷凍装置。

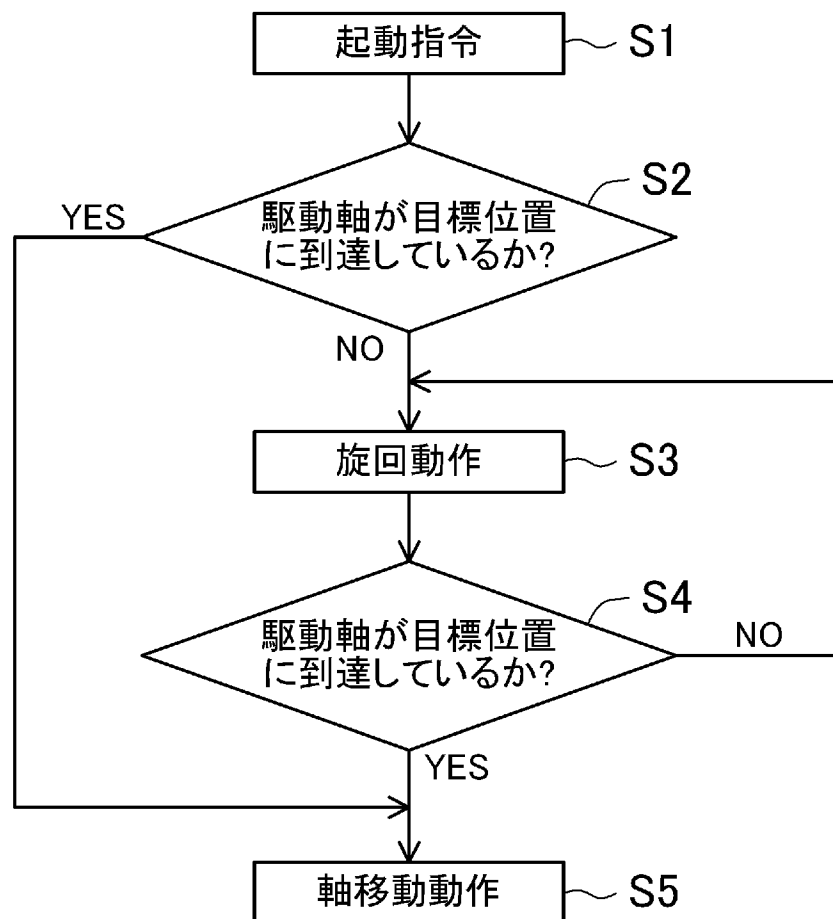
[図2]



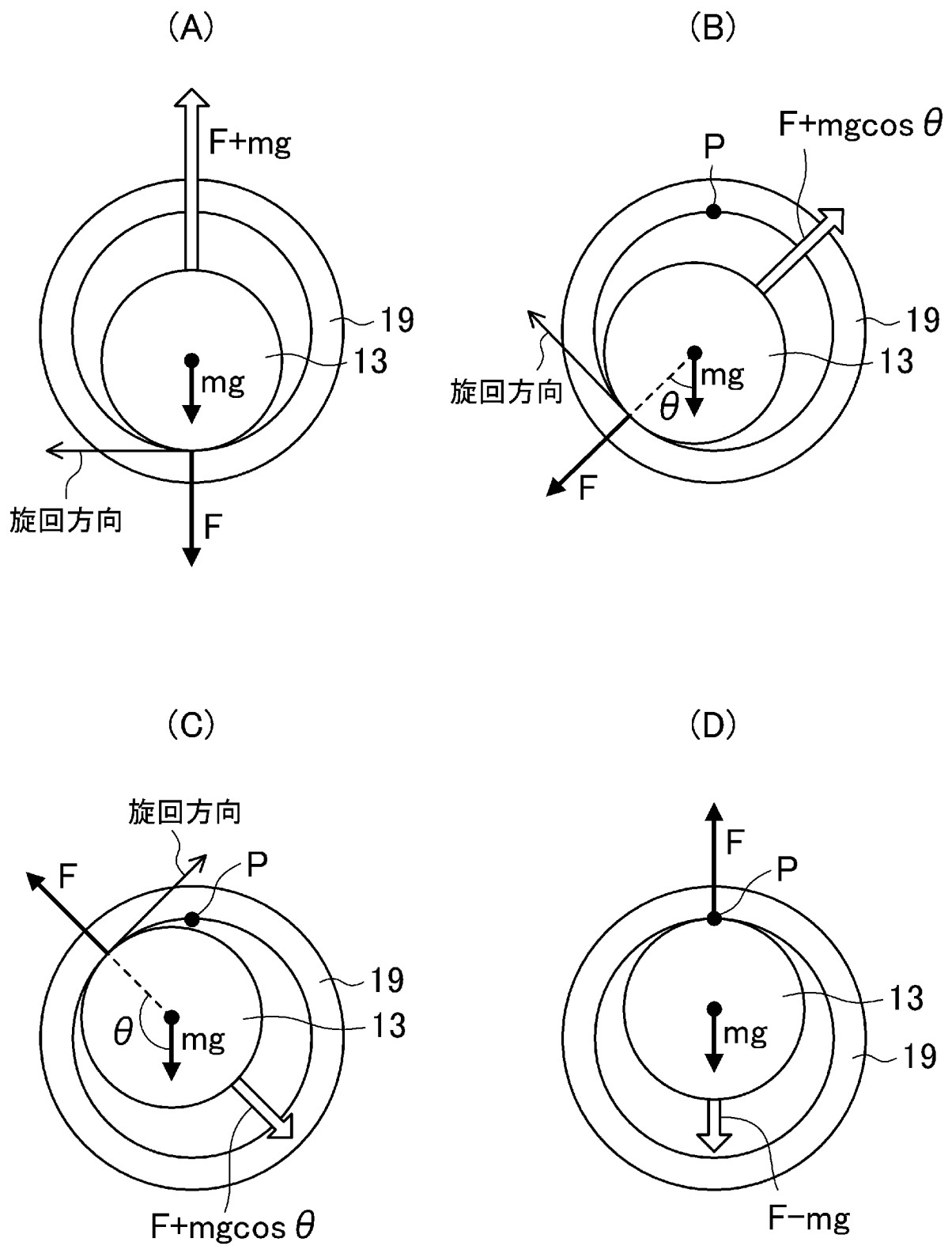
[図3]



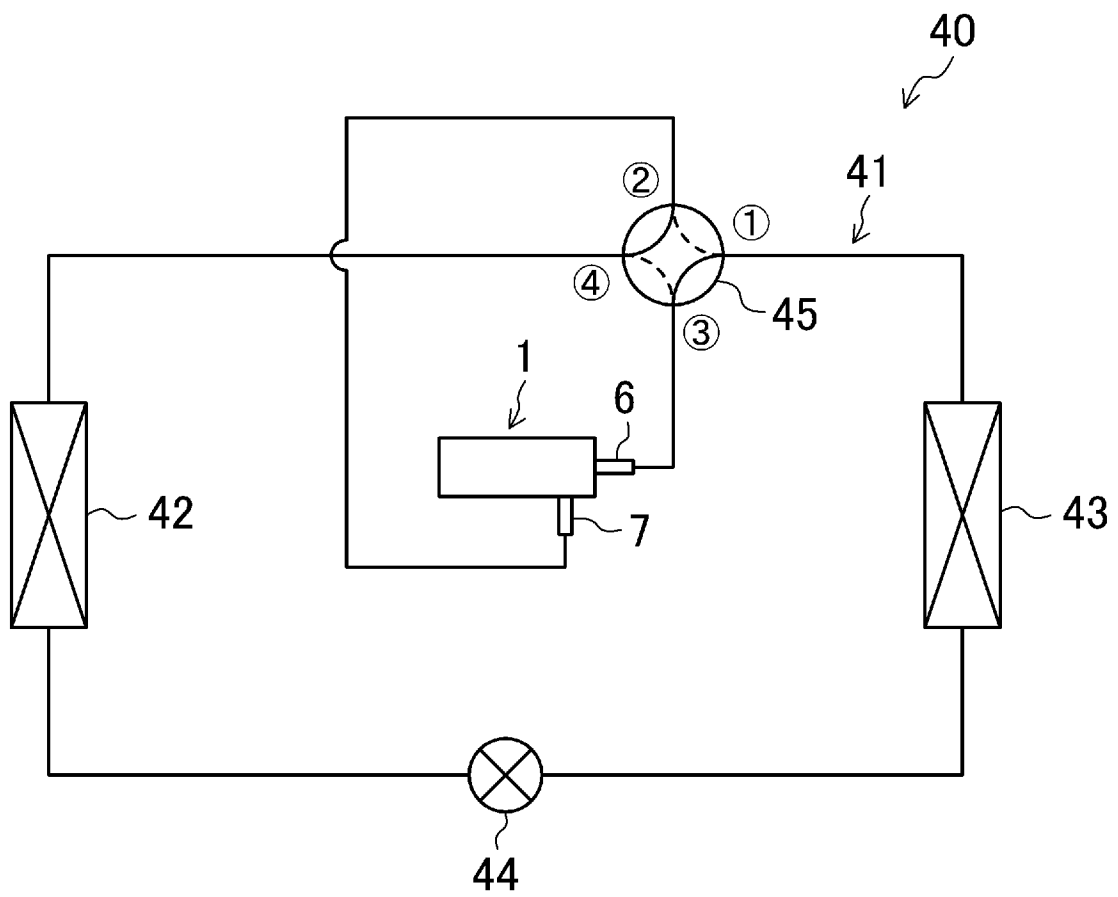
[図4]



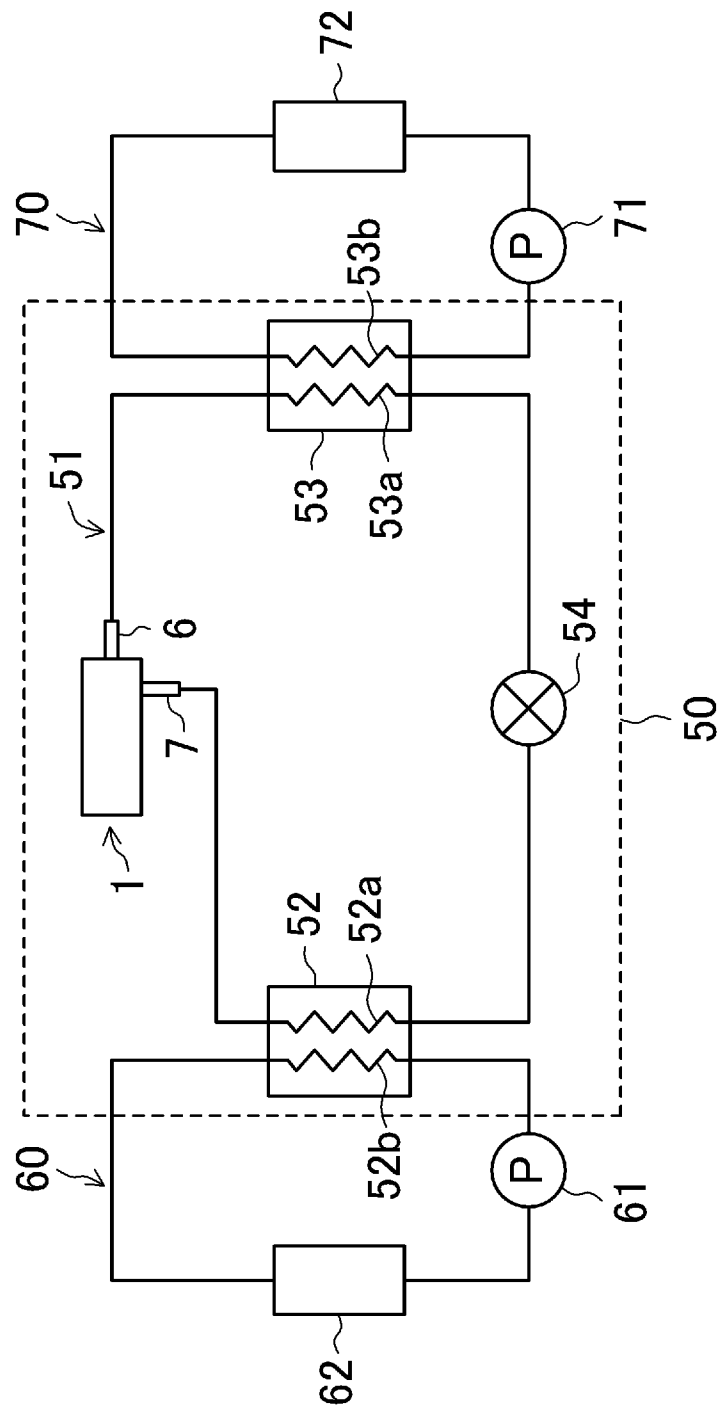
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/000865

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C32/04(2006.01) i, F04D29/058(2006.01) i, F25B1/053(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)

F16C32/04, F04D29/058, F25B1/053

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	JP 5-223123 A (Yaskawa Electric Corp.), 31 August 1993 (31.08.1993), paragraph [0003]; fig. 3 (Family: none)	1-8
A	JP 11-166533 A (Koyo Seiko Co., Ltd.), 22 June 1999 (22.06.1999), paragraphs [0022], [0046] (Family: none)	1-8
A	JP 11-166532 A (Koyo Seiko Co., Ltd.), 22 June 1999 (22.06.1999), paragraphs [0044], [0049] (Family: none)	1-8

☒ 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
29 February, 2012 (29.02.12)

Date of mailing of the international search report
13 March, 2012 (13.03.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/000865

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 79554/1992 (Laid-open No. 43346/1994) (Koyo Seiko Co., Ltd.), 07 June 1994 (07.06.1994), paragraph [0007] (Family: none)	1-8
A	JP 2009-270797 A (Daikin Industries, Ltd.), 19 November 2009 (19.11.2009), paragraph [0075] (Family: none)	4-8
A	JP 10-148408 A (Daikin Industries, Ltd.), 02 June 1998 (02.06.1998), paragraph [0092] (Family: none)	4-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F16C32/04(2006.01)i, F04D29/058(2006.01)i, F25B1/053(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（I P C））

Int.Cl. F16C32/04, F04D29/058, F25B1/053

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
A	JP 5-223123 A（株式会社安川電機）1993.08.31, 段落【0003】、【図3】（ファミリーなし）	1-8
A	JP 11-166533 A（光洋精工株式会社）1999.06.22, 段落【0022】、【0046】（ファミリーなし）	1-8

☒ 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

「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
「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
「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）
「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

「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

「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

「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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 9 . 0 2 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 3 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

瀬川 裕

3 J

3 5 2 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3328

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 11-166532 A (光洋精工株式会社) 1999.06.22, 段落【0044】、【0049】 (ファミリーなし)	1-8
A	日本国実用新案登録出願 4-79554 号(日本国実用新案登録出願公開 6-43346 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (光洋精工株式会社) 1994.06.07, 段落【0007】 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2009-270797 A (ダイキン工業株式会社) 2009.11.19, 段落【0075】 (ファミリーなし)	4-8
A	JP 10-148408 A (ダイキン工業株式会社) 1998.06.02, 段落【0092】 (ファミリーなし)	4-8