

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5635921号
(P5635921)

(45) 発行日 平成26年12月3日 (2014. 12. 3)

(24) 登録日 平成26年10月24日 (2014. 10. 24)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 K 16/00 (2006. 01)

H O 2 K 16/00

H O 2 K 21/24 (2006. 01)

H O 2 K 21/24

M

請求項の数 12 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2011-13900 (P2011-13900)
 (22) 出願日 平成23年1月26日 (2011. 1. 26)
 (65) 公開番号 特開2012-157157 (P2012-157157A)
 (43) 公開日 平成24年8月16日 (2012. 8. 16)
 審査請求日 平成25年1月31日 (2013. 1. 31)

(73) 特許権者 502129933
 株式会社日立産機システム
 東京都千代田区神田練堀町 3 番地
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (72) 発明者 榎本 裕治
 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株
 式会社日立製作所 日立研究所内
 (72) 発明者 王 卓男
 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株
 式会社日立製作所 日立研究所内
 (72) 発明者 正木 良三
 東京都千代田区神田練堀町 3 番地 株式会
 社日立産機システム内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータユニットおよびこれを用いた回転電機、回転電機装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ユニット内シャフトと、該ユニット内シャフトの周方向に設けられユニット内シャフトを回転可能に保持する固定子と、前記ユニット内シャフトとともに回転し、前記固定子の周方向両面に対向して設けられた 2 つの回転子と、該回転子の反固定子側面に設けられた回転子側係止部とからモータユニットを構成し、複数のモータユニットが、前記回転子側係止部において係止され一体として回転するとともに、

前記複数のモータユニットの軸方向端側に設けられたブラケットと、複数のモータユニットの周方向を覆うハウジングと、軸方向端の前記ブラケットと前記複数のモータユニットの間に配置され、円盤部と軸部からなる軸ユニットを備え、該軸ユニットの軸部を前記ブラケットに回転可能に保持し、円盤部の前記複数のモータユニットに対向する面に円盤部側係止部を設け、前記軸ユニットの前記円盤部側係止部が前記複数のモータユニットの前記回転子側係止部において係止され一体として回転し、

前記固定子は、前記ユニット内シャフトの軸受け保持部の周方向に固定子コイルが巻回された固定子鉄心を配置し、固定子の軸方向両面の固定子保持板により前記コイルと前記固定子鉄心を保持し、固定子保持板の一部から周方向に延伸した周方向保持部において前記複数のモータユニットの周方向を覆うハウジングに固定されていることを特徴とする回転電機。

【請求項 2】

請求項 1 記載の回転電機において、

前記軸ユニットの前記円盤部に形成された円盤部側係止部と、該円盤部が対向する前記複数のモータユニットの対向面に形成された回転子側係止部は孔を含み、対向する面上の孔の間が連結用ピンで結合されていることを特徴とする回転電機。

【請求項 3】

請求項 2 記載の回転電機において、

前記複数のモータユニット間を係止するための前記回転子側係止部は孔を含み、孔の位置は、回転軸と同軸度を保つように配置されていることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の回転電機において、

前記複数のモータユニットが、前記回転子側係止部において係止される一方面に凹構造のインロー部を形成し、前記回転子側係止部において係止される他方面に凸構造のインロー部を形成して、凹部と凸部を嵌合させた嵌合部を有することを特徴とする回転電機。

10

【請求項 5】

請求項 1 に記載の回転電機において、

前記回転子側係止部は、前記複数のモータユニットが対向する一方面に形成された凹構造のインロー部と、対向する他方面に形成された凸構造のインロー部とを含み、凹部と凸部により嵌合する D カップ結合とされたことを特徴とする回転電機。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の回転電機において、

複数のモータユニットは同一スロット、同一極数に製作されると共に、複数のモータユニットを回転子側係止部で係止する位置のずらし角度を、モータユニットが発生するコギングトルクを打ち消しあう角度とすることを特徴とする回転電機。

20

【請求項 7】

請求項 6 に記載の回転電機において、

複数のモータユニットを回転子側係止部で係止する位置の中心軸からのずらし角度を、 $360 \text{ 度} / (6 \times \text{極対数})$ とすることを特徴とする回転電機。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の回転電機において、

偶数台のモータユニットを組み合わせる場合には、半分の台数を 0 度とし、のこり半分の台数をずらし角度に設定することを特徴とする回転電機。

30

【請求項 9】

請求項 7 に記載の回転電機において、

奇数台のモータユニットを組み合わせる場合には、それぞれをコギングトルクの基本周期の $1 / (n - 1)$ 度ずつ重ねて配置することを特徴とする回転電機。

【請求項 10】

請求項 1 記載の回転電機により回転軸を備えた機械機構を駆動するように構成された回転電機装置において、

前記機械機構の周方向端面の前記モータユニット回転子に対向する面に、係止部を備えることにより、前記機械機構が前記複数のモータユニットと前記係止部において係止され一体として回転することを特徴とする回転電機装置。

40

【請求項 11】

請求項 10 に記載の回転電機装置において、

前記機械機構と前記複数のモータユニットは、その軸方向に前記機械機構と前記複数のモータユニットの順に配列されることを特徴とする回転電機装置。

【請求項 12】

請求項 10 に記載の回転電機において、

前記機械機構は、その軸方向に前記複数のモータユニットに挟まれた位置に配列されることを特徴とする回転電機装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は軸方向にギャップを有するアキシアルギャップ形式のモータユニットおよびこれを用いた回転電機、回転電機装置に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

近年、産業用機器や家電品、自動車部品などにおいて、省エネルギー化の必要性が重要視されるようになってきた。現在、国内の火力、水力、原子力、風力などの発電所において作られる電気のほとんどは、電磁応用製品である回転電機（発電機）によって作られている。また、国内で使用される電力使用量のうちの半分以上は、回転電機の駆動によって消費されている。

10

【 0 0 0 3 】

このため、回転電機の効率向上を図ることが、省エネルギー化を図るうえで重要なポイントになっている。これら回転電機などの電磁応用製品では、鉄心部に軟磁性材料が用いられている。この鉄心部の損失を低減することが、これらの製品の高効率化実現に貢献する。

【 0 0 0 4 】

また、別の効率向上策としては、磁力の高い永久磁石を用いることが挙げられる。この場合には、所定電流当たりのマグネットトルクを増加させて必要トルクを低い電流で得られるようにして、電流による導体のジュール熱による損失（銅損）を低減する。

【 0 0 0 5 】

20

永久磁石モータにおける高効率化手法を提案するものとして、特許文献 1 がある。特許文献 1 では、永久磁石モータに使用する軟磁性材料に、低損失なアモルファスをを用い、アキシアルギャップ型のモータとしている。さらに、銅損を低減するために永久磁石のポリウムを増やす構造として、軸方向の 2 面を回転子とする構成のモータとしている。このアキシアルギャップモータを大容量化する場合に考えられる構造は、通常であればギャップによって固定子と回転子が対抗している面積を増やす手段として、径を大きくすることである。しかし、アキシアルギャップ型モータの場合は、軸方向長が短いために、径を大きくするとかなりの扁平形状になり、使い勝手が悪いものになってしまう。

【 0 0 0 6 】

上記問題を解決するための方法として、特許文献 2 が提案されている。ここでは、固定子を軸方向に複数段とし、軸方向に固定子と対応する回転子を配置することで、出力を増加させる構造が示されている。軸方向の複数個の回転子の回転軸は、1 本の出力軸に結合されて合成トルクを出力することで、複数倍されたトルクを出力することが可能になるとされている。

30

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 0 - 1 1 5 0 6 9 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 8 - 1 3 6 3 4 8 号公報

【 発明の概要 】

40

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

特許文献 2 での課題は、回転子の出力軸にすべての回転子を結合しなければならない点である。アキシアルギャップモータの場合、回転子が、軸方向に固定子を挟みながら存在するため、回転子をあらかじめ組み立てておいてから、固定子と組み合わせることはできない。従って、回転子の一部を軸に組立してから、固定子と位置関係を保持して組み合わせ、その後、次の回転子を軸に組み立てして、さらに次の固定子とその位置関係を調整しながら組み合わせる方法をとる必要がある。

【 0 0 0 9 】

しかしながら、アキシアルギャップ型の磁石回転子は、磁石の吸着力が非常に大きい

50

め、その軸方向の位置決めを行うことが非常に困難である。また、固定子側にも、組立途中に非常に大きい軸方向の吸着力によって軸方向の応力が発生するために、強固に固定しながら組立しなければならない、多段になればなるほどその位置決め、固定組み立ては困難となる。

【0010】

本発明においては、アキシアルギャップモータの径方向を大きくしないで大容量化することと、組立性を両立し、低コストで高性能なモータユニットおよびこれを用いた回転電機、回転電機装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

10

上記課題を解決するために、本発明の回転電機は、ユニット内シャフトと、ユニット内シャフトの周方向に設けられた固定子と、ユニット内シャフトとともに回転し、固定子の周方向両面に対向して設けられた2つの回転子と、回転子の反固定子側両面に設けられた係止部とからモータユニットを構成し、複数のモータユニットが、係止部において係止され一体として回転する。

【0012】

また、複数のモータユニットの軸方向両端側に設けられたブラケットと、複数のモータユニットの周方向を覆うハウジングと、軸方向両端のブラケットと複数のモータユニットの間に配置され、円盤部と軸部からなる軸ユニットを備え、軸ユニットの軸部をブラケットに回転可能に保持し、円盤部のモータユニットに対向する面に係止部を備えることにより、軸ユニットが複数のモータユニットと係止部において係止され一体として回転する。

20

【0013】

また、係止部は当該面に設定された孔を含み、対向する面上の孔の間が連結用ピンで結合されている。

【0014】

また、複数のモータユニット間を係止するための孔の位置は、回転軸と同軸度を保つように配置されている。

【0015】

また、複数のモータユニットが、係止部において係止される一方面に凹構造のインロー部を形成し、係止部において係止される他方面に凸構造のインロー部を形成して、凹部と凸部を嵌合させた嵌合部を有する。

30

【0016】

また係止部は、複数のモータユニットが対向する一方面に形成された凹構造のインロー部と、対向する他方面に形成された凸構造のインロー部とを含み、凹部と凸部により嵌合するDカップ結合とされる。

【0017】

また、複数のモータユニットは同スロット、同一極数に製作されると共に、複数のモータユニットを係止部で係止する位置のずらし角度を、モータユニットが発生するコギングトルクを打ち消しあう角度とする。

【0018】

40

また、複数のモータユニットを係止部で係止する位置の中心軸からのずらし角度を、 $360^\circ / (6 \times \text{極対数})$ とする。

【0019】

また、偶数台のモータユニットを組み合わせる場合には、半分の台数を0度とし、のこり半分の台数をずらし角度に設定する。

【0020】

また、奇数台のモータユニットを組み合わせる場合には、それぞれをコギングトルクの基本周期の $1 / (n - 1)$ 度ずつ重ねて配置する。

【0021】

また、回転電機により回転軸を備えた機械機構を駆動するように構成された回転電機装

50

置において、機械機構の周方向端面のモータユニット回転子に対向する面に、係止部を備えることにより、機械機構が複数のモータユニットと係止部において係止され一体として回転する。

【0022】

また、機械機構と複数のモータユニットは、その軸方向に機械機構と複数のモータユニットの順に配列される。

【0023】

また、機械機構は、その軸方向に複数のモータユニットに挟まれた位置に配列される。

【0024】

上記課題を解決するために、本発明のモータユニットは、ユニット内シャフトと、ユニット内シャフトの一方端に固定され周方向に複数の永久磁石を有する第1の回転子と、ユニット内シャフトの他方端からベアリングを介して取り付けられた固定子と、ユニット内シャフトの他方端に固定され周方向に複数の永久磁石を有する第2の回転子とから構成され、第1の回転子と第2の回転子の固定子と反対側面に係止部を備えている。

10

【0025】

また、ユニット内シャフトの一方端に第1の回転子を取り付け、ユニット内シャフトの他方にベアリングを介して固定子を取り付けられたあとに、ユニット内シャフトの他方端に第2の回転子を固定する。

【0026】

また、複数のモータユニットが、係止部において係止され一体として回転する。

20

【0027】

上記課題を解決するために、本発明の回転電機は、回転軸を備えた機械機構をモータユニットにより駆動する回転電機装置であって、モータユニットは、ユニット内シャフトと、該ユニット内シャフトの周方向に設けられた固定子と、ユニット内シャフトとともに回転し、固定子の周方向両面に対向して設けられた2つの回転子と、回転子の反固定子側両面に設けられた係止部とを備え、回転軸を備えた機械機構は、その回転軸の周方向端面に係止部を備え、機械機構の係止部と、モータユニットの係止部が係止することにより、機械機構とモータユニットを一体として回転する。

【0028】

また機械機構は、モータユニットの係止部を用いて締結されたフライホイールである。

30

【0029】

また、機械機構は、モータユニットの回転角度を検出するセンサ手段である。

【0030】

また、機械機構は、2つの軸を有する変速手段であり、変速手段の各軸の周方向端面の係止部と、モータユニットの係止部が係止してそれぞれ一体に回転するとともに、各軸を駆動するモータユニットは極数の異なるモータユニットとされ、一定の回転数比で運転を行う。

【0031】

また、機械機構は、複数のモータユニットの間に係止部を介して設けられたクラッチ機構などの連結制御機構であり、その軸方向の連結切り離しと再締結が制御できる。

40

【0032】

また、機械機構は、車両の駆動軸とされる。

【0033】

また、複数のモータユニットは複数のインバータにより駆動される。

【発明の効果】

【0034】

本発明によれば、前述した公知文献のように回転子の軸が一体でないため、モータ自体の組み立て工程が簡略化できる効果があるほか、同一のモータユニットを大量に製作することだけで、多出力のモータが構成可能という利点が享受できる。また、組立方法が簡便であることでの低コスト化や、巻線や、固定子鉄心などが高密度に実装できるなどから、

50

高出力密度化が期待できる構造である。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】アキシアルギャップモータユニットを有する回転電機の斜視分解図。

【図2】アキシアルギャップモータユニットの斜視分解図。

【図3】固定子鉄心、コイル、軸受け保持部の配置を示す図。

【図4】図2の固定子5の分解斜視図。

【図5a】アキシアルギャップモータユニット間の係止部構造の例を示す図。

【図5b】アキシアルギャップモータユニット間の係止部構造の変形例を示す図。

【図5c】連結ピンを用いない連結構造の一例を示す図。

【図5d】出力軸ユニットと、回転子ヨークとの締結例を示す図。

【図6a】同一に構成されたモータユニットを同一回転方向位置で締結した図。

【図6b】同一に構成されたモータユニットの締結位置をずらした図。

【図6c】同一回転方向位置で締結したときのコギングトルクを示す図。

【図6d】締結位置をずらしたときのコギングトルクを示す図。

【図7a】モータユニットと、駆動対象物で構成する回転電機装置の例を示す図。

【図7b】モータユニットと、駆動対象物で構成する回転電機装置の変形例を示す図。

【図7c】モータユニットと、駆動対象物で構成する回転電機装置の変形例を示す図。

【図7d】モータユニットと、駆動対象物で構成する回転電機装置の変形例を示す図。

【図7e】モータユニットと、駆動対象物で構成する回転電機装置の変形例を示す図。

【図7f】モータユニットと、駆動対象物で構成する回転電機装置の変形例を示す図。

【図8a】一つのインバータにより2つのモータを制御する方法を示す図。

【図8b】2つのモータユニットを2つのインバータで制御する方法を示す図。

【図9】本発明の回転電機を、自動車車輪駆動システムに搭載した例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下、本発明の実施例を、図面を用いて説明する。

【実施例1】

【0037】

以下、本発明に係る回転電機の第1の実施例について図1から図3を用いて説明する。

【0038】

図1は、軸方向に2つのアキシアルギャップモータユニットを有する回転電機の構造を示す斜視分解図である。この図で、16はモータハウジングであり、その左右両端に出力軸側ブラケット13、および後端側ブラケット14が取付けられる。ハウジングとブラケットの取付けのために、ブラケット13、14の取付け部13a、14aに孔13b、14bが設けられており、他方ハウジング16の対向部位に設けられた孔16bとの間がネジ止め固定される。

【0039】

また、2つのブラケット13、14の間に、出力軸11、この例では2組のモータユニット1A、1B、後端部軸12が配置される。これらの部材は回転軸に対して垂直方向の面に係止部を備えており、部材間が段重ねされるとともに、係止部により固定され一体回転構造とされる。係止部による固定構造には、幾つかの手法があり、後で図3を用いて紹介するが、図1では段重ねされる部材の両面に孔を備え、孔の中にピンが嵌合されることで、固定し一体回転構造とすることについて説明する。

【0040】

係止部による固定構造について、まずモータユニット1A、1B間の固定構造について説明する。図1の軸方向中央部に示す2組のモータユニット1A、1Bは、軸方向両面に円盤状の回転子を有するアキシアルギャップ型のモータを構成している。図示するモータユニット1A、1Bは、それぞれの回転子の軸方向両端部（回転子ヨークの背面）に、回転方向に複数箇所（図示では等角度ピッチで3箇所）の連結ピン配置用の孔を有する。そ

10

20

30

40

50

の孔には連結ピン 15 A, 15 B が配置されている。要するに、図 1 の例では、モータユニット 1 A, 1 B の両面に孔を備え、これらの孔の間に連結用ピンを配置し、嵌合することにより連結している。

【0041】

図示右側のモータユニット 1 B の軸方向図示左側の連結ピン 15 B は、図示左側のモータユニット 1 A の軸方向で右側に図示する回転子ヨークの背面の連結ピン配置用孔（図示せず）に接続され、モータユニット 1 A とモータユニット 1 B の回転子は、一体となって回転可能に連結される。なお、図 1 では 2 組のモータユニット 1 A, 1 B を備える例を示したが、同様にして 3 ユニット以上を接続することができる。

【0042】

次に、モータ部 1 と軸の連結構造について説明する。この間も、上記したピンと孔による係止部により結合している。軸には、出力軸 11 と後端部軸 12 とがある。このうち、出力軸 11 は、軸部 11 a と円盤部 11 d とから構成されており、軸部 11 a の片側端部に円盤部 11 d を有する構造となっている。この円盤部 11 d は、モータ部 1 A に対向する側に位置づけられ、その裏面には、モータユニット回転子背面と同様に、連結用の孔を有する。この連結用孔には、モータユニット 1 A の表面に配置された連結ピン 15 A が嵌合し、モータの回転子と一体になって回転可能となっている。なお、出力軸 11 の軸部 11 a は、モータハウジング 16 に組み込まれたときには、出力軸側ブラケット 13 の回転係止孔 13 c に回転可能に取り付けられる。

【0043】

もう 1 つの軸である後端部軸 12 も軸部と円盤部 12 d とから構成されており、出力軸 11 を反転して配置したと考えればよい。この円盤部 12 d は、モータ部 1 B に対向する側に位置づけられ、その表面には、モータユニット回転子表面と同様に、孔が設けられており、ここに連結用のピン 15 c が嵌合され、モータの回転子と一体になって回転可能となっている。なお、円盤部 12 d に隠れて見えていないが、後端部軸 12 の軸部はモータハウジング 16 に組み込まれたときには後端側ブラケット 14 の回転係止孔 14 c に回転可能に取り付けられる。これによって、一般的なモータと同様に、固定子を固定して回転軸が回転する構造となる。

【0044】

なお、図 1 の組み合わせ構造において、出力軸 11 と後端部軸 12 は、左右対称に配置され、その基本構造は同じであるが、軸部の軸長が相違する。後端部軸 12 の軸部は、後端側ブラケット 14 に回転可能に取り付けられる長さがあればよいが、出力軸 11 の軸部 11 a は、出力軸側ブラケット 13 に回転可能に取り付けられ、かつ外部に軸出力を伝達する為の長さを必要とする。

【0045】

この結果、本発明においては、モータを組み立てるときは図 1 に図示の部材配列順序に従い、孔の位置にピン 15 を配置しながら順次各部材を組上げていけばよい。そして、出力軸 11, 後端軸 12、モータユニット 1 A と 1 B が一体となった構成で、モータハウジング 16 に配置する。このとき、その固定子外周部を、固定孔 16 d を用いてモータハウジング 16 に固定する構造とする。さらに、後端部軸 12 の軸にベアリングを配置し、また出力軸 11 にベアリングを配置して、そのベアリングを回転可能に保持する出力軸側ブラケット 13、および、後端側ブラケット 14 で保持して、モータを構成する。これによって、組立したハウジング 16 とブラケット 13、14 から、出力軸 11 a のみが回転可能に配置されるモータの構造となる。

【0046】

図 2 には、モータユニット 1 A, 1 B を構成するアキシアルギャップモータの構造を斜視で示す。本発明においては、アキシアルギャップモータ自体が 1 つのユニットに構成されている。なお、ここでは例として、15 スロット 10 極の両面に回転子を有するアキシアルギャップモータを示している。

【0047】

図2のアキシャルギャップモータユニットを構成する主な部材は、固定子5、固定子両端の2つの回転子8、ユニット内シャフト4などである。このうち、固定子5の詳細構造については、あとで図3、図4に図示して詳細に説明する。これらの主要部材は、更に幾つかの部材で構成される。主要部材の構造について、各部材に好適な材質、特性などを含めて説明する。

【0048】

図2において、固定子5を構成する固定子鉄心2は、略扇型、または略台形形状の15個の鉄心である。この鉄心2は、電磁鋼板や、アモルファス、圧粉磁心、金属ガラスなどの高透磁率の軟磁性材料で構成される。電磁鋼板や、アモルファスで構成する場合には、磁束の変化により発生する渦電流を抑えるために、薄板を積層（積層方向は、径方向か周方向となる）して構成するような構造が採用される。

10

【0049】

固定子鉄心2の単体構造を図3に示す。図3は、固定子鉄心、コイル、軸受け保持部の配置を示す図である。略扇型、または略台形形状の固定子鉄心2の周囲には、固定子鉄心の外形形状と同様の形状を有する固定子コイル3が配置される。固定子コイルは、軸受け保持部10の周囲に円周状に配置されるために、所定の角度の領域（図示では15スロットのため24度）に実装される構造となる。図3の例では、軸受け保持部10の周囲に15個の固定子コイル3が設置される。

【0050】

図4は、図2の固定子5の分解斜視図であり、軸受け保持部10の周方向に15個の固定子鉄心2を配置し、さらに各固定子鉄心2に固定子コイル3が巻回されている。

20

【0051】

固定子鉄心2と固定子コイル3が周方向に配置された中央部に配置される軸受け保持部10は、アルミニウムや、ステンレスなどの金属で構成される。この軸受け保持部10は、内側に、ベアリングを軸方向両端部に保持する機能を有し、そのベアリングの位置を軸方向に決定して確保するような段付き構造となっている。

【0052】

図4に特徴がよく現れているように、この固定子5を両側より保持するために、固定子保持板5a、5bで、コイル3と固定子鉄心2を保持する構造とする。この固定子保持板5a、5bは、コイル3に絶縁を介して接触し、コイル3から発生する熱をハウジング16に伝える機能と、コイル3と鉄心2を保持して構造物としての強度を保つための鉄筋機能を有する。

30

【0053】

このため、この固定子保持板5a、5bは、強度の高い材料を用いる必要があり、アルミニウムや、ステンレスなどの非磁性金属などを用いることが望ましい。このように金属を用いる際には、固定子保持板5a、5bの径方向端部は、金属のハウジング16と接触すると固定子鉄心3を通過する磁束によってそれを遮る渦電流が発生するため、周方向の3本中2本は、ハウジング16と接触することが無いように構成する必要がある。図2は、固定子に組み立てられた後の配置を示しているが、ここで固定子保持板5bに着目すると、円周部から大きくはみ出している部分と、そうでない部分があることが見て取れる。円周部から大きくはみ出している部分において、ハウジング16と接触し、固定子をハウジングに固定する。固定の際には、ハウジング16の固定用孔16dを利用する。

40

【0054】

また、ハウジングが非導電性の材料である場合には、すべての端部が接触するように構成しても良い。また、固定子保持板5a、5bに鉄筋としての強度を持たせる目的で、強化プラスチックや、シリカ、セラミックスなどで構成する場合は、渦電流を考える必要はないため、金属のハウジングの場合にも接触して構成することが可能である。

【0055】

これらの、固定子鉄心2、固定子コイル3、軸受け保持部10、固定子保持板5a、5bを一体として保持した後に、樹脂含浸、金型内での樹脂モールド等により、これらを一

50

体化することで固定子 5 を構成する。

【 0 0 5 6 】

固定子 5 の固定子軸に垂直な方向の両面に対向して回転子ヨーク 8 a , 8 b が配置される。図 2 の回転子ヨーク 8 b に特徴が現れているように、固定子 5 に対向する面側には、中心軸から放射状に永久磁石 7 b が 1 0 個配置されている。これにより、1 5 スロット 1 0 極のアキシャルギャップモータユニットを構成する。また、図 2 の回転子ヨーク 8 a に特徴が現れているように、固定子 5 に対向しない面側には、係止部を構成する孔 1 9 が設けられている。さらに、今までの説明で明らかなように、この孔には連結ピンが配置されて係止部を構成する。

【 0 0 5 7 】

以上のようにして作成、製造された 2 組の回転子ヨーク 8 a , 8 b と、モールドされた固定子 5 は、その中心軸部のモータユニット内シャフト 4 により結合される。モータユニット内シャフト 4 の両端部には、回転方向の位置を決定するためのキー溝 1 7 a , 1 7 b を有している。ここでは、キー溝を示したが、回転方向の位置決めする手段であれば、D カット構造や、位置決めピン用孔構造でも良い。

【 0 0 5 8 】

ここで示したモータユニット内シャフト 4 の軸方向右側には、右側方向から組立されたモータユニット内ベアリング 6 b が配置されている。このモータユニット内ベアリング 6 b の軸方向位置は、モータユニット内シャフト 4 の軸方向中央部の太軸部の寸法によって、位置決めされる構成となっている。このモータユニット内ベアリング 6 b の右側に、キー溝 1 8 b を有した回転子ヨーク 8 b が組み立てられ、エンドキャップ 9 b によって締結される。

【 0 0 5 9 】

この回転子ヨーク 8 b と組立されたモータユニット内シャフト 4 を、固定子の軸受け保持部 1 0 の内周部に右側からベアリングを保持して組立を行う。次に軸方向に対称となっているモータユニット内シャフト 4 の左側から、同様にモータユニット内ベアリング 6 a , 回転方向に位置決め機能であるキー溝 1 8 a を有した回転子ヨーク 8 a を組み立てる。最後に、左側からも同様にエンドキャップ 9 a でモータユニット内シャフト 4 と回転子ヨーク 8 a を締結する。回転子ヨーク 8 a , 8 b の軸方向両端側には、図示のように、回転方向に複数の連結ピン配置用の孔 1 9 を有する構造となっている。

【 0 0 6 0 】

図 5 は、回転子などの部材を軸方向に締結するための係止部構造に関する幾つかの詳細な説明図を示している。まず、図 5 a は、アキシャルギャップモータユニット 1 A , 1 B 間の係止部構造の例を示す。この例は、図 1 , および、図 2 で示した連結ピンで回転可能に締結する構造を示したものである。アキシャルギャップモータユニット 1 A の回転子ヨーク 8 b と、ユニット 1 B の回転子ヨーク 8 a の背面（軸方向外側面）に、モータユニット内シャフト 4 の挿入孔 1 8 と同軸度を保つ同心円 2 0 の円周方向上 3 箇所、1 2 0 度等間隔ピッチの孔 1 9 を設けている。そして同じ構造の回転子同士を、締結ピン 1 5 をその回転子ヨーク背面孔 1 9 に配置して、互いの回転子を同期してモータユニット内シャフト 4 の回転軸を中心として回転可能となるように構成する。

【 0 0 6 1 】

図 5 b には、回転子を軸方向に締結するための係止部構造の変形例を示す。ここでは、アキシャルギャップモータユニット 1 B には、モータユニット内シャフト 4 と同一軸となるような、同軸度を有する、凸形状のインロー部 2 4 を設ける。そのうえで、アキシャルギャップモータユニット 1 A では図示左側の円盤に、モータユニット内シャフト 4 と同一軸となるような、同軸度を有する、凹形状のインロー部 2 3 を備え、これらを組み合わせることで 2 つの円盤の同軸度が保たれる形状となっている。これに、締結ピンが配置される孔 1 9 を設け、回転力を伝達できる構成とする。これにより、連結ピン配置用孔部 1 9 は、同軸度を規定しなくとも、回転円周上の等角度ピッチを保つような構成で回転締結が可能となる。従って、連結ピン配置用孔 1 9 は径方向に長い長孔（長円形）形状でも良い

10

20

30

40

50

ことになる。

【 0 0 6 2 】

図 5 c には、連結ピンを用いない連結構造の一例を示す。図では、同軸度を保つための凸形状インロー部 2 1 を有し、そのインロー部の一部が切り欠いていて、D カット形状の凸部 2 1 となるように形成した構造を示している。反対側に連結される円盤には、これと組み合わせる凹形状のインロー部を有し、同軸度を保って回転締結することを実現する。

【 0 0 6 3 】

図 5 d には、出力軸ユニット 1 1 と、回転子ヨーク 8 との締結例を示している。図 1、および、図 2 で示したように締結ピン 1 8 を用いる構造である。図 5 a で詳細を示した構造と同様に、同軸度を保って配置された孔部 1 9 に締結ピン 1 8 を配置して、出力軸ユニット 1 1 と締結する構造を示している。また、本図面では、このように締結された出力軸ユニット 1 1 に、出力側軸受け 2 2 を配置し、その軸受け 2 2 を出力側ブラケット 2 3 の軸受け保持部 2 5 によって保持する構成となっていることを示している。

【 実施例 2 】

【 0 0 6 4 】

続いて、本発明の第 2 の実施例について図 6 を用いて説明する。ここでは、コギングトルクを低減する為の工夫について説明する。第 1 の実施例では、同一に構成されたモータユニットを同一回転方向位置で締結する例を示したが、第 2 の実施例では、所定角度ずらして締結する。なお、「同一に構成された」とは、同一スロット、同一極性にされているという意味である。

【 0 0 6 5 】

図 6 a には、第 1 の実施例の締結関係を示している。中心のモータユニット内シャフト 4 の挿入孔に配置されたキー溝の位置と、締結ピン配置用孔 1 9 の配置の関係に注目すると、2 つのアキシシャルギャップモータユニット 1 A と 1 B は、キー溝と同一の箇所に 1 9 A , 1 9 B が配置される構造となっていることがわかる。

【 0 0 6 6 】

図 6 c には、このときのコギングトルクがどのようなになるかを図示している。モータユニット 1 A とモータユニット 1 B は、同一のコギングトルク特性を持っている。各モータユニットのコギングトルクは、図 6 c で示す細線（ピークが 4 5 m N m の特性）で示される。モータユニットを 2 つ軸方向に重ねた場合、トルクは重ね合わされて図中太線（ピークが 9 0 m N m の特性）となり、n 個のモータユニットを組み合わせた時のコギングトルクのピーク値は、基本ユニットが持つコギングトルクピーク値の n 倍となって現れることになる。

【 0 0 6 7 】

そこで、コギングトルクを低減するために、図 6 b では、締結ピン配置用孔 1 9 の配置箇所が、キー溝に対して 6 度の角度を持って配置されている。これによって、モータユニット 1 A とモータユニット 1 B では、機械的な角度で 6 度重なって動作することになる。図 1 , および図 2 に示したモータでは、コギングトルクの周期は、1 2 度となるため、その半分である 6 度で重ねることにより、互いのコギングトルクを打ち消しあってトルクの変動はゼロとすることができる。

【 0 0 6 8 】

この理由は、コギングトルクの基本周期は、電気角度 1 周期あたり 6 次となることが多いため、基本的な配置角度を $360 / (6 \times \text{極対数})$ とすることで、設計時からコギングトルクを考慮した角度ピッチを設定することが可能である。本実施例では極対数を 1 0 極としているので、6 度だけずらしている。

【 0 0 6 9 】

図 6 d はその結果を示しており、モータユニット 1 A のコギングトルク（実線）と、6 度ずれた同一特性のモータユニット 1 B のコギングトルク（点線）を合成したコギングトルクは、太線で示すような脈動無しのゼロコギングトルクとなる。

【 0 0 7 0 】

なお、偶数個の基本モータユニットを組み合わせる場合には、半分ずつを0度と6度を設定することで、コギングトルクの低減が可能である。また、奇数個 n で組み合わせる場合には、それぞれをコギングトルクの基本周期の $1/(n-1)$ 度ずつ重ねて配置することで、コギングトルクを低減することができる。なお、重ね合わせるときに、角度のずれと重ねる順番とは任意でよい。

【実施例3】

【0071】

続いて、本発明の第3の実施例について図7を用いて説明する。ここでは、複数のアキシシャルギャップモータユニットと、駆動対象物とを組み合わせで構成する回転電機装置ことについて説明する。

10

【0072】

これまでの例では、基本モータユニットを組み合わせで回転電機を構成する例を示した。図5には、モータで駆動される駆動対象物までを考慮した組み合わせ（回転電機装置）について示している。

【0073】

図7aにおいて、41は例えば、プーリー、ギヤ、ポンプインペラ、ファンなどの機械機構である。この例では、モータユニット1A、1Bを軸方向に連結ピン15で連結し、さらにモータで駆動する機械機構41も、モータの回転子と同様に連結ピン15で締結することにより、パッケージ化された回転電機装置としている。このパッケージ化された回転電機装置によれば、軸継ぎ手や、回転物を露出しないで構成することが可能である。また、出力容量によって、さらに右側にモータユニットを追加することも容易となる。尚、この図において一点差線で示したJは、回転軸を示している。

20

【0074】

なお、図7aの例では図1の軸ユニット11あるいは12を使用する必要がない。機械機構41の回転軸周方向面に孔などの係止部を形成しておき、この間をピンで係止することによりモータユニットと一体に回転可能である。この構造により、回転電機装置をコンパクトにできる。

【0075】

図7bは、モータユニット1Aとモータユニット1Bの間に、機械機構42を挟んで、同様に連結ピン15で回転締結して構成する例を示す。基本モータユニット1A、1Bは締結可能であるが、配置スペースの関係上、軸方向に離れて配置しなければならない場合や、両側から均等に動力を必要とする場合などに有利である。

30

【0076】

図7cは、基本モータユニット1Aと別の基本モータユニット1Bが同一軸上とならない配置を示した図面である。この例では、機械機構が43aと43bから構成され、それぞれが、基本モータユニット1Aと別の基本モータユニット1Bにより駆動される。この例は、配置スペースに限りがある場合などに有利である。

【0077】

この配置での具体的事例としては、モータユニット1Aに接続されるピニオン軸43aが、そのピニオン軸よりも多くの歯数を有する平歯車43bに接続されるような場合がある。このとき、平歯車43bに締結された基本モータユニットBは、基本モータユニットAと異なるスピードで回転する必要がある。このような場合の対処方法として、基本モータユニットの極対数比率をAとBで、機械式のギヤ比と同等に設定しておくといった構成も可能である。また、同一仕様のモータを利用する場合、2つの制御装置によって回転数制御を行って使用することも考えられる。

40

【0078】

図7dには、モータユニットAとモータユニットBの間に、回転締結された、クラッチ機構などの動力伝達切断機構を設ける例を示した。これにより、モータの出力を必要な場合に応じて切り替えることが可能となり、不要な場合には、片方のモータは休止し、省エネ運転ができることになる。

50

【 0 0 7 9 】

図 7 e には、モータとして構成する時の概念図を示している。高精度なモータとして駆動する場合、その回転子の位置を検出するためのセンサ部が必要な場合がある。図 7 e では、回転位置検出ユニット 4 5 をモータ内部に、配置し、その回転位置検出センサの回転子部を回転子と連結ピンなどの連結機能でつないで一体化する例を示している。回転位置検出ユニット 4 5 は、光学式、磁気式エンコーダ、レゾルバ、ホール素子などによるもので、回路基板なども含んだユニットとして構成するものである。

【 0 0 8 0 】

図 7 f は、モータユニットの構成にフライホイール 4 6 を追加し、大きな慣性を接続できるようにした構成である。フライホール効果（はずみ車効果）により、電力を運動エネルギーに変換して蓄え、大きな動力を瞬間的に出し入れする構成として有効である。

【実施例 4】

【 0 0 8 1 】

本発明の第 4 の実施例について図を用いて説明する。図 8 は、本発明の構成のモータを制御する装置（インバータ）などとの組み合わせ方法を示す図面である。アキシアルギャップ型のモータが 2 つ以上あるために、制御方法はいろいろな方法が考えられる。図 8 a は、一つのインバータ 5 1 を用いて 2 つのモータ 1 A , 1 B を制御する方法である。2 つのモータの Y 結線（結線でも同様）のそれぞれの端子を並列接続してひとつのインバータ 5 1 で制御する方法を示している。並列接続であるので、同一仕様のモータであれば、同一の電圧で同一の制御をすることが可能である。

【 0 0 8 2 】

図 8 b は、2 つの基本モータユニット 1 A , 1 B を 2 つのインバータ 5 1 A , 5 1 B で制御する方法を示す。この方法では、インバータ 5 1 A , 5 1 B の容量は、小さくて済むほか、一つのモータはモータ、もう片方は発電機といった制御も可能となる。片側のみが動作することによって省エネ運転が可能などの利点が考えられる。なお、図 8 において、1 4 はリア側エンドブラケット、2 2 は出力側軸受けを表している。

【実施例 5】

【 0 0 8 3 】

本発明の第 5 の実施例について図 9 を用いて説明する。図 9 は今回の発明のモータを、電気自動車やハイブリッドカーのインホイールモータ 5 0 として利用する例を示す。基本モータユニットの個数を増減するだけで出力を可変できるので、排気量の大きな車から小さな車までが、同一仕様のモータでまかなうことが可能となる。このように、自動車に限らず、産業用、家電用などの広い範囲の領域に適用が可能である。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 8 4 】

本発明のアキシアル型複数段締結構造のモータは小型、高効率、低騒音を目的とした幅広いモータに応用することができる。また、本発明のモータ構造を用いたシステムは小形化、高効率のファン、ポンプシステム、家電用モータ、自動車駆動用、風力発電等の一般的なモータシステムに幅広く応用することが可能である。

【符号の説明】

【 0 0 8 5 】

- 1 A : 一台目のモータユニット
- 1 B : 2 台目のモータユニット
- 2 : 固定子鉄心
- 3 : 固定子コイル
- 4 : モータユニット内シャフト
- 5 a , 5 b : 固定子保持板
- 6 a , 6 b : 軸受け
- 7 : 磁石
- 8 : 回転子ヨーク

10

20

30

40

50

- 9 : 軸端キャップ
 10 : 軸受け保持部
 11 : 出力軸ユニット
 12 : リア側軸ユニット
 13 : フロント側エンドブラケット
 14 : リア側エンドブラケット
 15 : 締結ピン
 16 : ハウジング
 17 : 回転方向位置決め用軸側キー溝
 18 : 回転方向位置決め用回転子ヨーク側キー溝
 19 : 締結ピン用孔
 20 : 締結ピン用孔配置円
 21 : Dカット構造インロー突起
 22 : 出力側軸受け
 23 : インロー凹部
 24 : インロー凸部
 25 : 出力側軸受け保持部
 41 : 機械要素部
 42 : 機械要素部
 43a : ピニオンギヤ
 43b : 平歯車
 44 : クラッチ機構
 45 : 回転位置検出部
 46 : フライホイール
 51, 51A, 51B : 3相インバータ

10

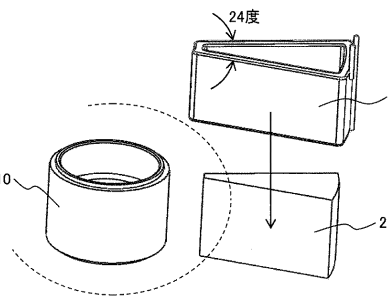
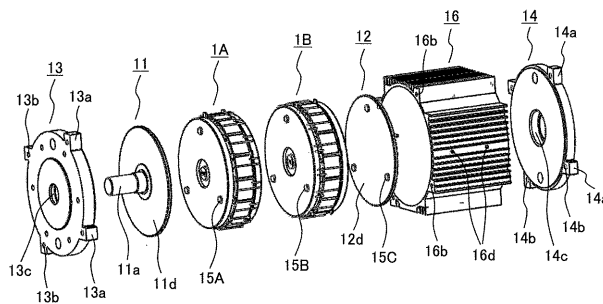
20

【図1】

【図3】

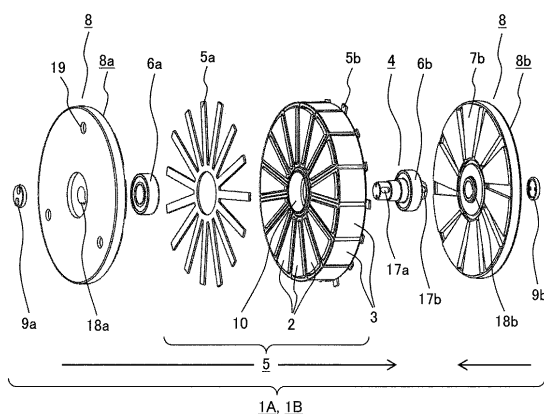
図1

図3



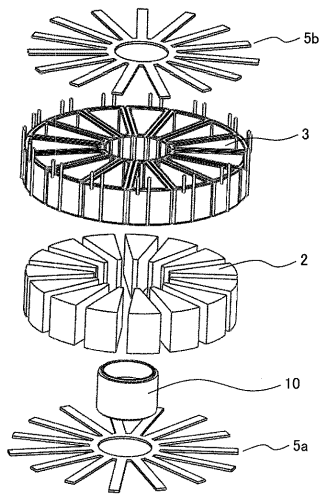
【図2】

図2



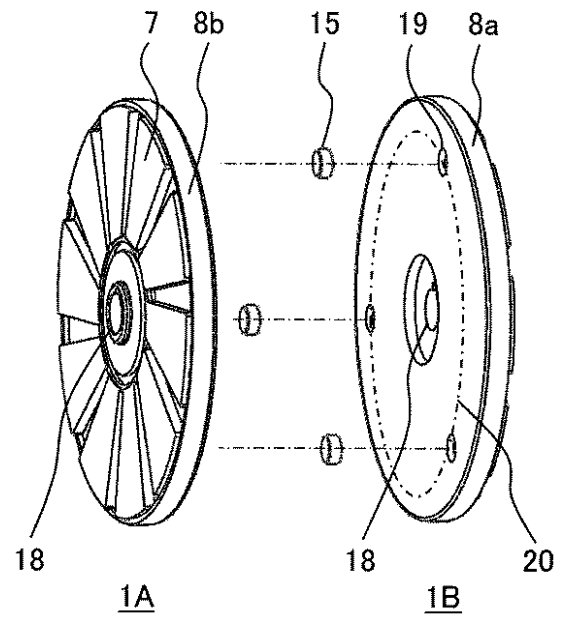
【図 4】

図 4



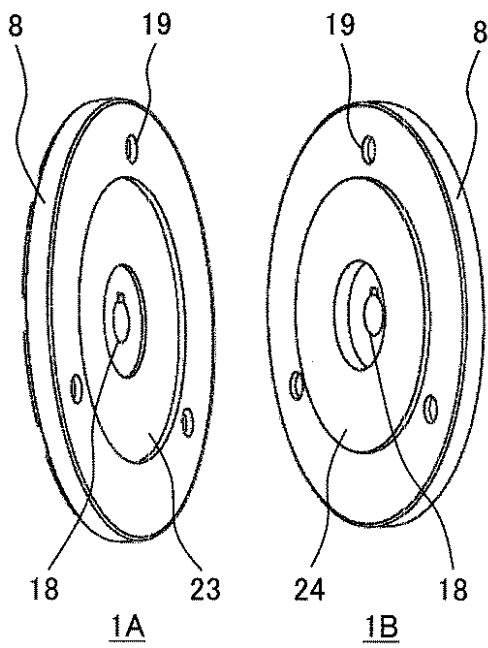
【図 5 a】

図 5a



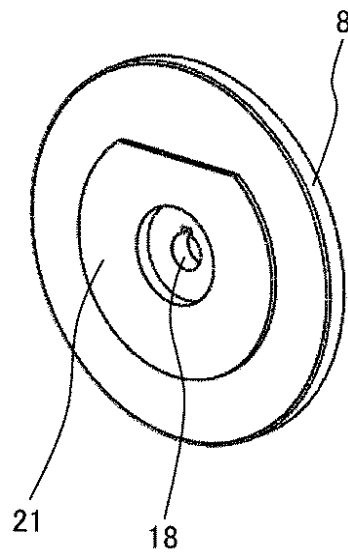
【図 5 b】

図 5b



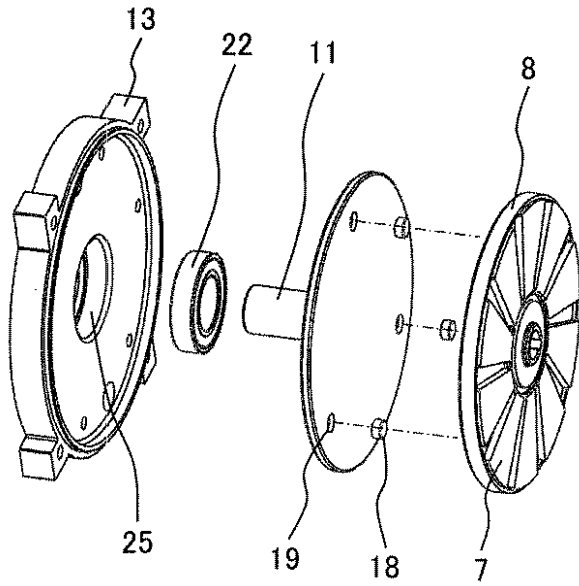
【図 5 c】

図 5c



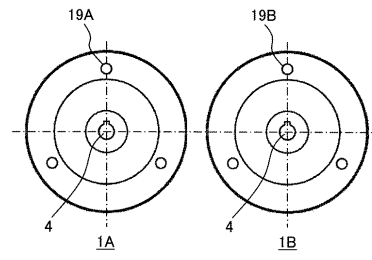
【図 5 d】

図 5d



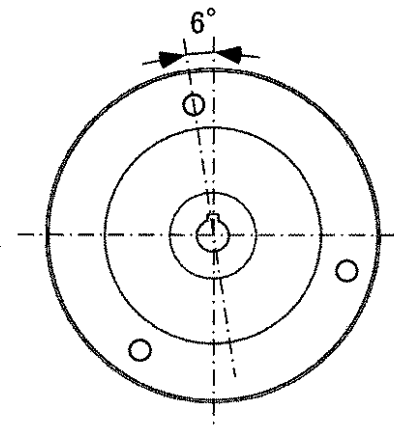
【図 6 a】

図 6a



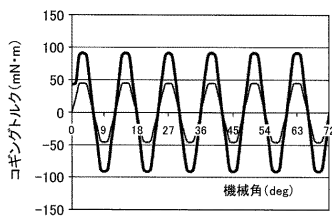
【図 6 b】

図 6b



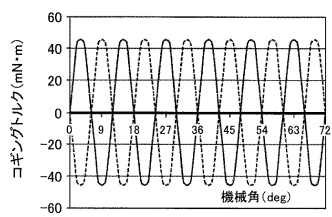
【図 6 c】

図 6c



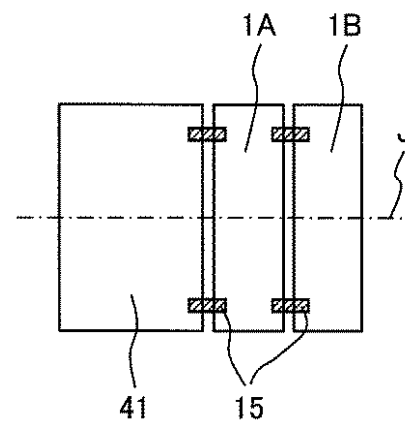
【図 6 d】

図 6d



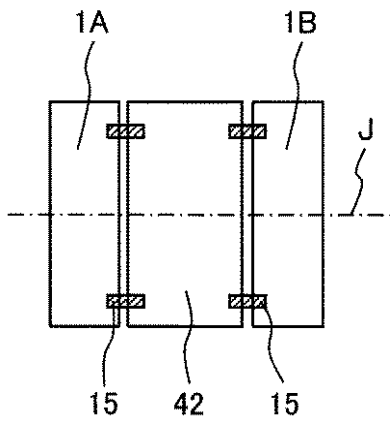
【図 7 a】

図 7a



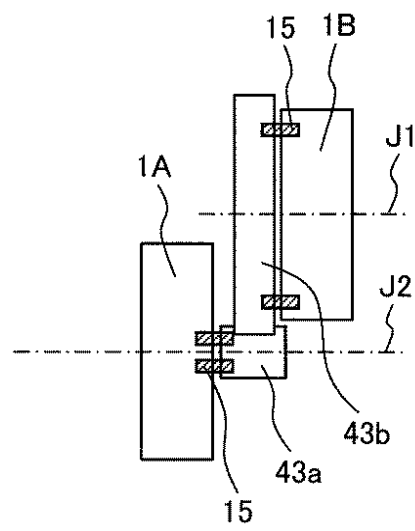
【図 7 b】

図 7b



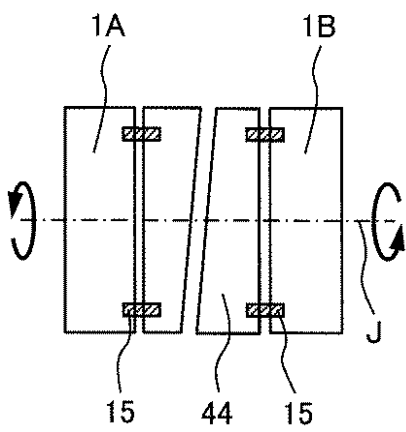
【図 7 c】

図 7c



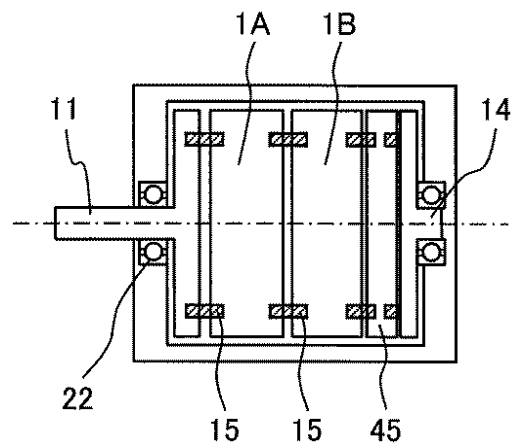
【図 7 d】

図 7d



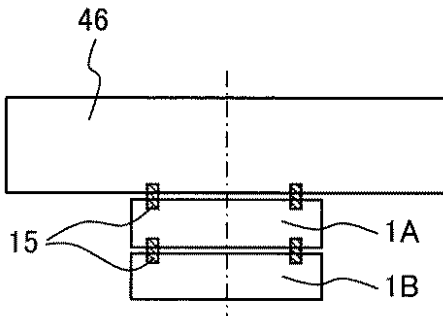
【図 7 e】

図 7e



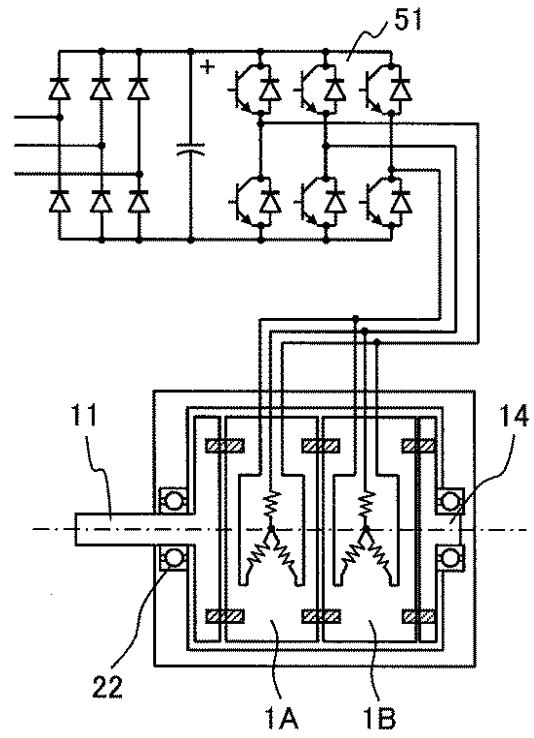
【図 7 f】

図 7f



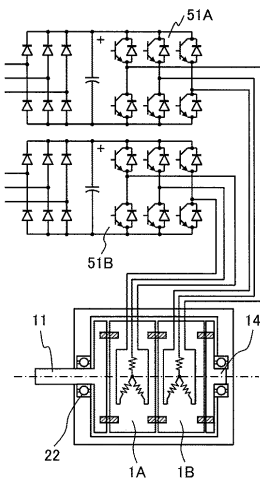
【図 8 a】

図 8a



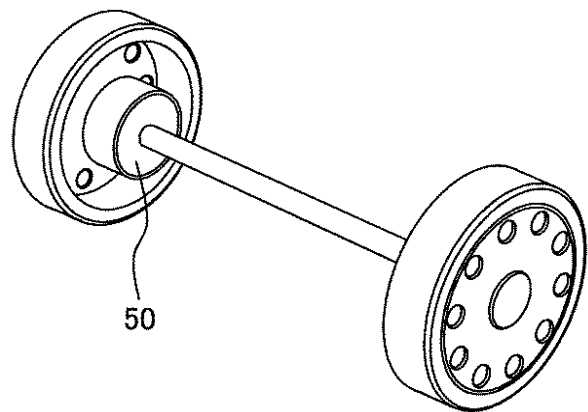
【図 8 b】

図 8b



【図 9】

図 9



フロントページの続き

審査官 河村 勝也

- (56)参考文献 特表2000-502874(JP,A)
特開平06-276770(JP,A)
特開平03-078454(JP,A)
特表2009-540776(JP,A)
特開2003-134780(JP,A)
特開2008-271641(JP,A)
特開2010-075013(JP,A)
国際公開第2007/105319(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02K 16/00
H02K 21/24
H02K 15/00