

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5778041号
(P5778041)

(45) 発行日 平成27年9月16日 (2015. 9. 16)

(24) 登録日 平成27年7月17日 (2015. 7. 17)

(51) Int. Cl.	F I
HO2K 9/19 (2006.01)	HO2K 9/19 A
HO2K 16/00 (2006.01)	HO2K 16/00
HO2K 21/24 (2006.01)	HO2K 21/24 M
HO2K 5/04 (2006.01)	HO2K 5/04

請求項の数 15 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2011-549676 (P2011-549676)	(73) 特許権者	502144729
(86) (22) 出願日	平成22年2月12日 (2010. 2. 12)		アイシス イノベーション リミテッド
(65) 公表番号	特表2012-518376 (P2012-518376A)		イギリス国 オックスフォード オーエック
(43) 公表日	平成24年8月9日 (2012. 8. 9)		クス2 フェスジー サマータウン イー
(86) 国際出願番号	PCT/GB2010/050234		ワート プレース イーワート ハウス
(87) 国際公開番号	W02010/092400	(74) 代理人	110001243
(87) 国際公開日	平成22年8月19日 (2010. 8. 19)		特許業務法人 谷・阿部特許事務所
審査請求日	平成25年2月6日 (2013. 2. 6)	(72) 発明者	ティム ウールマー
(31) 優先権主張番号	0902394.6		イギリス オーエックス1 3ピージェイ
(32) 優先日	平成21年2月13日 (2009. 2. 13)		オックスフォード オックスフォードシ
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		ャー パーク ロード (番地なし) ユニバ
前置審査			ーシティ オブ オックスフォード デパ
			ートメント オブ エンジニアリング サ
			イエンス
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気機械－冷却

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

永久磁石を有する回転子と、固定子鉄心に巻き付けられたコイルを有する固定子であって、コイルが回転子と固定子の間に画定されるエアギャップを越えて磁石と相互作用するような固定子を備えるヨークを持たない電気機械であって、前記回転子は、前記固定子鉄心の各端に1つ配置された2つのステージを有し、鉄心の端と回転子ステージの間に2つのエアギャップがあり、鉄心とその上のコイルは固定子ハウジングによって取り囲まれ、固定子ハウジングはエアギャップの中に延びて、コイルを冷却する冷媒を取り込むチャンバを画定し、

前記固定子ハウジングは、前記冷媒を供給し、排出するためのポートを有し、

冷媒は、コイルと固定子ハウジングの間に設置されたブロックによって、複数の箇所を外半径と内半径の間に前後に流れ、それによって冷媒がコイルの周面間のギャップに押し込まれることを特徴とする電気機械。

【請求項 2】

前記鉄心は回転子の回転軸の周囲に周方向に離間されて、好ましくはそれに平行に配置され、回転子は、それぞれ鉄心の各端と相互作用する永久磁石を有する2つのステージを有する、アキシアルフラックス型機械である請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 3】

固定子ハウジングの材料は非磁性及び／又は導電性であることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の電気機械。

10

20

【請求項 4】

固定子ハウジングは、少なくともエアギャップにおいて、断熱性であることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の電気機械。

【請求項 5】

前記固定子ハウジングは 2 つの環状プレートと 2 つの円筒壁からなり、環状プレートは、鉄心をチャンバ内に位置付ける陥凹部を有することを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の電気機械。

【請求項 6】

前記環状プレートは前記円筒壁と一体であり、円筒壁はそれぞれ、その円周の周囲で分割され、前記分割部の内周および外周の継ぎ目でひとつに連結されることを特徴とする、請求項 5 に記載の電気機械。

10

【請求項 7】

前記分割部は中央で、2 つのクラムシェルを画定し、前記クラムシェルは略同一であることを特徴とする、請求項 6 に記載の電気機械。

【請求項 8】

前記環状プレートは前記円筒壁から分離され、前記円筒壁はアルミニウムで、前記環状プレートはプラスチック材料であることを特徴とする、請求項 5 に記載の電気機械。

【請求項 9】

前記環状プレートは鉄心の端部で薄くされ、鉄心と回転子上の磁石の間のギャップがなるべく小さくされ、

20

前記円筒壁は内壁と外壁であり、前記外壁は、機械を取り付ける手段を有し、

前記内壁は回転子用の軸受を取り付ける手段を有し、

好ましくは、回転子ステージはそれぞれ、環状ディッシュを有し、その外縁には前記永久磁石が取り付けられ、その内縁は連結されて、前記軸受を取り囲み、

前記回転子のステージは、好ましくは磁気回路を完結させることを特徴とする、請求項 5 から 8 のいずれかに記載の電気機械。

【請求項 10】

固定子ハウジングは、磁石を前記コイルに発生した熱から遮断し、及び／又は、冷媒は、機械から機械の底部付近の入口を通して送出され、上部付近の出口から排出されることを特徴とする、請求項 1 から 9 のいずれかに記載の電気機械。

30

【請求項 11】

冷媒は、コイルの外半径と内半径の周囲に流れ、一部の冷媒はコイルの間にも流れ、前記コイル内を流れる冷媒に 2 から 8 回の方向転換箇所があることを特徴とする、請求項 1 から 10 のいずれかに記載の電気機械。

【請求項 12】

冷媒の流れは分割され、一部は入口からコイルの内径周辺に流れ、残りは外径で反対方向に流れ、一部の冷媒はコイルの間にも流れることを特徴とする、請求項 1 から 10 のいずれかに記載の電気機械。

【請求項 13】

チャンバは、チャンバとその内容物を冷媒との接触から電氣的に絶縁するラッカーまたは樹脂のコーティングで裏打ちされることを特徴とする、請求項 1 から 12 のいずれかに記載の電気機械。

40

【請求項 14】

請求項 13 に記載の電気機械を構成する方法であって、

機械を組み立てるステップと、

チャンバ内に液体樹脂またはラッカーを充填して、その内容物を含むチャンバの内表面を湿潤させるステップと、

樹脂を取り除き、チャンバの内面上に樹脂のコーティングを残すステップを、

樹脂を硬化させ、前記内面上に絶縁層を形成するステップと、を含むことを特徴とする方法。

50

【請求項 15】

樹脂を取り除くステップの前に、チャンバを真空にして、樹脂がチャンバの小さな空間にも浸透するのを促進することを特徴とする、請求項 14 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固定子と、固定子の中で回転するようにジャーナル軸受により支持された回転子を備える永久磁石電気機械に関する。固定子の周囲にはコイルが巻かれ、回転子には、回転子と固定子の間のエアギャップを挟んでコイルと協働する永久磁石が設けられる。この機械はモータまたは発電機のいずれであってもよく、多くの実施形態において、アキシアルフラックス型機械である。特に、本発明はヨークを持たないセグメント型電機子機械に関し、これを以下、「Y 機械」と呼ぶ。

10

【背景技術】

【0002】

非特許文献 1 では、Y 機械の構成が説明され、固定子に使用される鉄の量を削減することによるトルク密度の改善というその利点について述べられている。これは、固定子の周囲に周方向に離間され、理想的には軸方向に配置された（すなわち、回転子の回転軸に平行な）鉄心に巻かれた一連のコイルを備える。回転子は 2 つのステージを有し、これらは永久磁石の設けられたディスクからなり、永久磁石は固定子の各コイルのいずれかの端に面している。ある動作段階における磁路は、第一のコイルから、回転子の第一のステージの第一の磁石へ入り、回転子のバックアイアン（back iron）を通じて第一のステージの第一の磁石に隣接する第二の磁石へ入り、固定子の第一のコイルに隣接する第二のコイルを通して、回転子の第二のステージの、第一のステージの第二の磁石と整列する第一の磁石に入り、第二のステージのバックアイアンを通じて第二のステージの、第一のステージの第一の磁石と整列する第二の磁石へ入り、第一のコイルを通じた回路が完結する、というものである。

20

【0003】

電気機械に伴う 1 つの問題は一般に、十分な冷却を行うことである。これは、トルク密度が高く、高トルクのコイルにおいて多くの熱を発生し、少なくとも長期間にわたって使用できるトルクの制限要因となるような Y 機械では特に問題である。

30

【0004】

電気機械の別の問題は一般に、コギングによるトルクリップルである。これもまた Y 機械では特に問題となり、それは、個別のコイルが重複せず、実際には、固定子上の隣接するコイル同士の間だけでなく、回転子上の隣接する磁石同士の間にも、磁気分離が存在することによる。明らかにこの問題は、固定子のコイルに対して異なる数の永久磁石を回転子に設置することによってある程度軽減されるが、隣接する磁石間の「歯状部（cog）」が、隣接するコイル間の、これに対応する「歯状部」とひっかかると磁石は相互に整列するため、トルクリップルの発生は避けられない。

【0005】

コイルと永久磁石の間の磁気結合は、発電機の場合は磁石、またモータの場合はコイルそのものにより、コイルの中に発生される強力な磁界によって実現し、コイル内の磁束密度がなるべく大きくなるように、磁気回路の透磁性をできるだけ低くするべきである。この目的のために、高透磁性のコアまたは鉄心を使用し、その周囲にコイルを巻き付ける。しかしながら、好ましくは鉄心を積層体とするか、その他の方法によって、鉄心内の渦電流の発生を低減させるように構成する。また、鉄心には、好ましくはシュー（shoe）を設けて、エアギャップ内の磁束を分散させ、その中の磁束密度を小さくする。エアギャップは磁気抵抗が高く、その面積を大きくすると磁気抵抗は小さくなり、これは、永久磁石の材料の使用量を削減できることを意味する。このような材料の量は、なるべく少ないことが望ましい。

40

【0006】

50

特許文献1は、内部に固定子コイルを取り付けた円筒形スリーブを有するハウジングを備えるY機械を開示しており、このスリーブは中空で、冷媒を循環させる。しかしながら、コイルは、熱を固定子のハウジングに伝えるために熱伝導性材料の中に埋め込まれる。回転子はハウジング内でジャーナル軸受によって回転可能に支持されている。固定子鉄心は、特許文献3と同じく、やはりY機械を開示している特許文献2と同様に、積層体のように思われる。

【0007】

特許文献4が開示するY機械では、回転子が羽根型ポンプとして機能して固定子ハウジングによって画定されるチャンバ内で流体を循環させ、この固定子ハウジングの中には、ハウジング内の軸受に支持されて回転子を担持する回転子軸が延びる。流体は、固定子のコイルを冷却する。特許文献5は、自動車の車輪のギヤレス型駆動用に特に適応させた、別のY機械を開示している。

【0008】

特許文献6が開示するY機械の場合、回転子には、永久磁石と強磁性磁極片のセグメントが交互に配置されたものが周方向に2列ある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】国際出願第A-2006/066740号パンフレット

【特許文献2】英国特許出願公開第A-2379093号明細書

【特許文献3】国際出願第A-03/094327号パンフレット

【特許文献4】米国特許出願公開第A-6720688号明細書

【特許文献5】米国特許出願公開第A-2005/0035676号明細書

【特許文献6】米国特許出願公開第A-2007/0046124号明細書

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】TJ Woolmer and MD McCulloch, "Analysis of the Yokelss and Segmented Armature Machine", International Electric Machines and Drives Conference(IEMDC), 3-5 May 2007

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の第一の態様によれば、永久磁石を有する回転子と、固定子鉄心の上に巻き付けられたコイルを有する固定子を備え、コイルが回転子と固定子の間に画定されるエアギャップを挟んだ磁石と相互作用する電気機械が提供され、鉄心とその上のコイルは、固定子ハウジングによって取り囲まれ、固定子ハウジングは、エアギャップの中に延びて、コイルを冷却する冷媒を取り入れるチャンバを画定する。

【0012】

好ましくは、電気機械はアキシアルフラックス型機械であり、前記鉄心は回転子の回転軸の周囲で周方向に離間されて配置され、好ましくはこの回転軸に平行で、回転子は2つのステージを有し、それぞれ、鉄心の各端と相互作用する永久磁石を有する。

【0013】

前記固定子ハウジングは、2つの環状プレートと2つの円筒壁を有していてもよく、環状プレートは、チャンバ内に鉄心を位置づけるための陥凹部を有する。好ましくは、固定子ハウジングの材料は非磁性、非導電性である。しかしながら、環状プレートと円筒壁が別々の場合、前記円筒壁は、好ましくはアルミニウムであり、前記環状プレートはプラスチック材料である。あるいは、前記環状プレートは、前記円筒壁と一体であってもよく、この場合、円筒壁はその円周上で分割され、内側および外側の円周継ぎ目に沿って相互に連結される。分割は中央で行われ、2つのクラムシェル状の形状が画定される。クラムシェルは略同一で、好ましくは、「鏡像」であり、これらは相互に適合し、分割部分の接合

部の周囲で継ぎ目が溶接しやすくなる。この場合、クラムシェルはプラスチック金型成形であってもよい。

【0014】

好ましくは、前記環状プレートは鉄心の端部で薄くなり、したがって鉄心と回転子上の磁石の間のギャップを最小限にする。好ましくは、前記円筒壁は内壁と外壁であり、前記外壁は機械を取り付ける手段を有し、前記内壁は、回転子の軸受を取り付けるための手段を有する。

【0015】

好ましくは、回転子のステージは各々、環状ディッシュであり、その外縁には前記永久磁石が取り付けられ、その内縁は相互に連結されて、前記軸受を取り囲む。回転子ステージの各々は皿形で、半径方向の平面（すなわち、回転子の回転軸に垂直または、好ましくは固定子鉄心に垂直な平面）におけるその剛性が増大する。

10

【0016】

好ましくは、固定子ハウジングは、磁石を前記コイルの中で発生する熱から絶縁する。

【0017】

好ましくは、前記固定子ハウジングは、前記冷媒を供給、排出するためのポートを有する。冷却流体は、機械の底部付近の入口から機械内に送出され、上部付近の出口から排出される。しかしながら、入口と出口はまた、相互に近接していてもよい。流体は、コイルの外半径と内半径の周囲に流れてもよく。一部の流体はまた、コイルの間に流れる。好ましくは、冷却流体は、コイルと固定子ハウジングの間に配置されたブロックにより、何か所かにおいて外半径と内半径の間で行き来し、それによって流体がコイルの間に送られる。コイル間の流体の流れは、2から8回方向転換するかもしれない。あるいは、冷却流体の流れは分離してもよく、一部は吸入口からコイルの内径周辺に流れ、残りは反対方向の外径に流れ、一部の流体はコイルの間にも流れる。当然、上記とは異なる流路が構成されてもよい。

20

【0018】

好ましくは、チャンバをラッカーや樹脂のコーティングで裏打ちし、チャンバとその内容物が冷媒と直接接触しないように電氣的に絶縁する。

【0019】

実際、本発明は上記の電気機械の製造方法を提供し、この方法は、機械を組み立てるステップと、チャンバに液体樹脂またはラッカーを充填して、その内容物を含むチャンバの内面全体を湿潤させるステップと、その樹脂を取り除いて、チャンバの内面上に樹脂のコーティングを残すステップと、樹脂を硬化させて、前記内面上に電氣的絶縁層を形成するステップと、を含む。好ましくは、樹脂を取り除くステップの前にチャンバを真空にして、樹脂がチャンバ内の小さな空間に浸透するのを助ける。

30

【0020】

ある実施形態において、永久磁石を有する回転子と、固定子鉄心の上に巻き付けられたコイルを有する固定子を備え、コイルが回転子と固定子の間に画定されるエアギャップを挟んだ磁石と相互作用する電気機械が提供され、回転子は鉄心の各端に1つずつ配置された2つのステージを有し、鉄心は各鉄心の各端に、鉄心を通じて磁束を各ステージの前記磁石に連結するシューを有し、回転子の同じステージに面する、隣接するシューは、それらの間に高磁気抵抗のシューギャップを有し、回転子の各ステージの、隣接する磁石は、それらの間に高磁気抵抗の磁石ギャップを有し、シューギャップと磁石ギャップには、相互に関して、これらが回転子の回転とともに漸進的に係合するような角度が付けられる。

40

【0021】

好ましくは、前記2つのステージのうちの第一のステージに面する各コイルの片側のシューには、前記2つのステージのうちの第二のステージに面するそのコイルの反対側のシューに関して、スキューが施されており、それらを担持する鉄心の各端にある隣接するシューの間の前記シューギャップは、固定子に関して、回転子の異なる回転位置にある磁石ギャップを横切るかもしれない。

50

【0022】

それゆえ、ある鉄心上のコイルと回転子のステージの上の磁石のペアは整列しているものの、コイルは一端でそのペアの第一の磁石と、もう一方の磁石より先に係合し始める。好ましくは、各鉄心の各端における高磁気抵抗のギャップの磁束の方向が整列しないようなスキューとする。

【0023】

好ましくは、回転子の回転軸に関して軸方向に見たときに、前記シューは4辺からなり、内側と外側の辺は前記回転軸を中心とした円の弧または接線であり、前記他の辺はシューの前縁と後縁であり、前記前縁と後縁は前記円のうちの1つの円の弦であり、各弦と交差するその円の各半径とその円は、それぞれの弦と同じ角度をなす。

10

【0024】

他の実施形態において、回転子であって、前記回転子の第一と第二のステージの上に周方向に離間された永久磁石を有する回転子と、前記ステージの間に配置された固定子であって、前記固定子の上の固定子鉄心に巻き付けられたコイルを有する固定子を備え、コイルは回転子と固定子の間に画定されるエアギャップを越えて磁石と相互作用し、鉄心は、各鉄心の各端に、鉄心を通して各ステージの前記磁石に磁束を連結させるシューを有し、固定子は少なくとも2つの環状構成部品の鋳造物であり、それぞれ、接続されたシューのリングからなり、一方は鉄心またはその部分のいくつかまたは全部を含み、もう一方は残りの鉄心またはその部分を含み、前記コイルは、環状構成部品が1つに接続されて前記固定子を完成させる前に鉄心の上に設置される。

20

【0025】

好ましくは、環状構成部品は同一である。好ましくは、それぞれ各鉄心の半分を含み、接続しやすいようになされた界面が設けられている。

【0026】

好ましくは、前記界面には、スタッドとソケットがあってもよく、1つの構成部品の各鉄心のスタッドは、他の構成部品の、それに対向する鉄心のソケットと係合する。

【0027】

好ましくは、高磁気抵抗ギャップが各構成部品の各シューの間に提供され、前記ギャップは、前記鉄心の間の、前記環状構成部品の厚さが薄くなった部分である。

【0028】

30

さらに別の実施形態において、永久磁石を有する回転子と、固定子鉄心の周囲に巻き付けられたコイルを有する固定子であって、コイルが回転子と固定子の間に画定されたエアギャップを越えて磁石と相互作用する固定子とを備える電気機械が提供され、鉄心は、鉄心を通じて磁束を前記磁石に連結するシューを有し、鉄心とシューは相互に別々に形成され、各々の少なくとも一部は軟鉄粒子の成形により形成されて、粒子の短い寸法が磁気抵抗面を横切るように配置され、鉄心とシューは、鉄心の前記磁気抵抗面が鉄心の縦軸に平行で、シューの前記磁気抵抗面が前記縦軸を横切るように配置される。

【0029】

粒子の短い寸法が前記磁気抵抗面を横切るように配置されることによって、各磁気抵抗面の磁気抵抗が最小となる。好ましくは、少なくとも鉄心の前記粒子は、長手方向の寸法が1つで、前記粒子はまた、その長手方向の寸法が前記磁気抵抗面の磁気抵抗の方向に平行になるように配向され、鉄心の前記磁気抵抗の方向は鉄心の前記縦軸に平行である。シューの粒子の長手方向の寸法が1つである場合、好ましくは、前記磁気抵抗の方向は、鉄心とシューが構成されたときに、前記縦軸に関して半径方向である。

40

【0030】

前記軟鉄粒子の前記成形は、丸い軟鉄粒子を、前記磁気抵抗面を横切る方向にプレスすることによって行われてもよく、それによって、粒子は部分的に扁平化して前記短い寸法が得られる。あるいは、前記成形は、すでに扁平化された粒子で行っても、長い粒子で行ってもよい。長い粒子は、磁界を利用して成形前に配向されてもよい。成形 (m o l d i n g) にはシェーピング (s h a p i n g) が含まれる。

50

【0031】

好ましくは、回転子は鉄心の両側に1つずつ配置された2つのステージを有し、各鉄心の各端にシューが設けられる。好ましくは、電気機械はアキシアルフラックス型会であり、鉄心は回転子の回転軸に平行に配置される。

【0032】

鉄心は、圧延軸が前記縦軸に平行に配置された、強磁性材料の圧延薄板であってもよい。薄板そのものは、好ましくは製造中に、鉄心に巻かれる方向に平行な方向に圧延され、それによって材料の粒子そのものが、最終的な磁束方向、すなわち前記縦軸に平行となる。前記圧延薄板は、賦形された軟鉄圧縮粒子コアの周囲に配置されてもよく、それによって、鉄心の前記縦軸に垂直な断面は略台形となる。あるいは、前記圧延薄板は、圧縮された軟鉄粒子の賦形された円環のコアであってもよく、それによって、鉄心の前記縦軸に垂直な断面は略台形となる。

10

【0033】

ある実施形態によれば、電気機械は、固定子と、回転軸の周囲で固定子に関して回転するように取り付けられた回転子とを備え、永久磁石が回転子によって担持され、固定子は、固定子鉄心に巻き付けられ、回転子の磁石と相互作用するコイルを有し、回転子は前記固定子鉄心の各端に1つ配置された2つのステージを有し、鉄心の端と回転子ステージの間に2つのエアギャップがあり、固定子を保持し、取り付ける環状ハウジングがあり、回転子と固定子の間には軸受があり、回転子は前記回転軸の周囲が中空で、モータのための少なくとも2つの主要な磁路があり、第一の磁路は、第一の固定子鉄心を通り、エアギャップのうちの第一のエアギャップを越え、回転子の第一のステージの第一の磁石を通り、第一のステージのバックアイアンに入り、隣接する第二の磁石に入り、第一のエアギャップを越えて、第一の固定子に隣接する第二の固定子鉄心に入り、第二のエアギャップを越えて、回転子の第二のステージの第三の磁石を通り、第二のステージのバックアイアンに入り、隣接する第四の磁石に入り、第二のエアギャップを越えて第一の固定子鉄心に戻るもので、第二の経路は、第一の固定子鉄心を通り、第一のエアギャップを越えて、第一のステージの第一の磁石を通り、第一のステージのバックアイアンに入り、第一のステージを通して回転子の第二のステージに入り、前記軸受の周辺を通り、第二のステージのバックアイアンに入り、第四の磁石に入り、第二のエアギャップを越えて、第一の固定子鉄心に戻るものである。

20

30

【0034】

この磁路は、回転子が固定子の内側に前記軸受を通じて直接取り付けられ、十分に大きな直径であって、第二の磁路が十分に短く、コイルと磁石に関する磁気回路全体の磁性抵抗が低減されるようになっているときに可能である。このように回転子を取り付けることにより、軸受の間の、回転子とその固定子コイルとの相互作用を通じて回転子を駆動する（または、発電機の場合は、固定子のコイルにより反応される）磁石を位置決めするためのカンチレバーも短縮される。

【0035】

好ましくは、出力と環状ハウジングの間の負荷全体が、固定子と回転子の間の軸受を通じて伝えられ、それによって、固定子ハウジングに関する回転子またはその出力のためのその他の取付手段は設置されない。これは、回転子、固定子および固定子ハウジングの基本的構成に影響を与えることなく、出力の形態をシステムごとに変更できるという利点を有する。本明細書において、「出力」という用語は、モータに関しては適当であるが、発電機の場合、これを入力として読み替えて文脈を理解するべきである。

40

【0036】

好ましくは、鉄心は回転子の回転軸と軸方向に整列し、軸受が前記エアギャップと交差する2つの半径方向の平面の間にある。好ましくは、前記交差は半径方向である。

【0037】

好ましくは、軸受は固定子のコイル、鉄心またはシューと交差する2つの半径方向の平面の間にある。

50

【0038】

好ましくは、鉄心とその上のコイルは、エアギャップの間に延び、コイルを冷却する冷媒を取り込む固定子ハウジングによって取り囲まれる。

【0039】

前記固定子ハウジングは、2つの環状プレートと2つの円筒壁からなっているとしてもよく、環状プレートには、鉄心をチャンバ内に位置付けるための陥凹部がある。好ましくは、固定子ハウジングの材料は非磁性、非導電性である。しかしながら、環状プレートと円筒壁が別々の場合、前記円筒壁は、好ましくはアルミニウムであり、前記環状プレートはプラスチック材料である。好ましくは、前記環状プレートは、鉄心の端部で薄くされ、鉄心と回転子上の磁石の間のギャップがなるべく小さくされている。好ましくは、前記円筒壁は内壁と外壁であり、前記外壁は機械を取り付ける手段を有し、前記内壁には前記軸壁が取り付けられる。

10

【0040】

好ましくは、回転子のステージは各々、環状ディッシュであり、その外縁には前記永久磁石が取り付けられ、その内縁は相互に連結されて、前記軸受を取り囲む。回転子ステージの各々は皿形で、半径方向の平面（すなわち、回転子の回転軸に垂直または、好ましくは固定子鉄心に垂直な平面）におけるその剛性が増大する。

【0041】

好ましくは、鉄心とその上のコイルは、エアギャップの間に延び、コイルを冷却する冷媒を取り込む固定子ハウジングによって取り囲まれる。固定子ハウジングは、前記冷媒を供給し、排出するためのポートを有しているてもよい。好ましくは、固定子ハウジングは2つの環状プレートと2つの円筒壁からなっているとしてもよく、環状プレートには、鉄心をチャンバ内に位置付けるための陥凹部がある。

20

【0042】

回転子ハウジングの材料は、非磁性、非導電性であってもよい。実際に、断熱性を有しているてもよく、この場合、固定子ハウジングは好ましくは、磁石を前記コイルの中に発生される熱から遮断する。

【0043】

しかしながら、固定子ハウジングは好ましくは、鉄心の端部で薄くされ、鉄芯と回転子上の磁石の間のギャップがなるべく小さくされている。

30

【0044】

前記円筒壁はアルミニウムであってもよく、前記環状プレートはプラスチック材料であってもよい。これらは内壁と外壁であってもよく、前記外壁は前記環状ハウジングからなり、前記機械を取り付ける手段を有し、前記内壁には前記軸受が取り付けられる。

【0045】

好ましくは、回転子のステージは各々、環状ディッシュであり、その外縁には前記永久磁石が取り付けられ、その内縁は相互に連結されて、前記軸受を取り囲む。前記内縁の各々は円筒形フランジからなっているとしてもよく、相互に係合する界面を有する。円筒形フランジの間にスペーサを設けて、軸受への前負荷を調節してもよい。

【0046】

円筒形フランジには、前記回転子のステージをひとつに結合する固定手段を受けるための、前記回転軸に平行に配置されるボスを設けることができる。

40

【0047】

機械の出力はディスクとハブであってもよい。ハブは、等速ハブ等の便利な駆動形態を含んでいても、単なるスプライン軸を含んでいてもよい。用途に応じて、三脚カップが設けられてもよい。好都合な点として、ディスクは前記固定手段によって回転子の前記ボ스에連結可能である。好ましくは、軸受は2つの軸受からなり、一方は固定子のフランジの片側にあり、それによって回転子のステージの固定子に関する軸方向の位置が決定される。

【0048】

50

前記環状ハウジングは軸方向の界面を有していてもよく、これによって少なくとも2つのこのような機械を、共通の回転軸を共有するようにひとつに連結できる。連結された機械の回転子そのものは、隣接する回転子のボスを通じて延びる固定手段によって相互に連結可能であり、それらの間にスペーサが配置される。これによって、より大きなトルク容量の機械が提供される。

【0049】

機械の露出端は、好ましくは環状ハウジングに適合されたカバーによって覆われ、少なくとも1つは中央に開口部を有し、そこから前記出力が延びるようになされる。

【0050】

機械がモータで、好ましくはモータの少なくとも2つが横並びに連結されている場合、そのうちの少なくとも2つが独立した回転子であり、それぞれに出力が設けられる。この場合、2つの出力がそこから延びるような前記中央開口部の設けられた各カバーが提供される。実際に、本発明のある態様は、上記のモータを備える自動車を提供し、自動車の異なる側で、各出力から車輪までの駆動シャフトを有する。この場合、回転子は独立して設置され、いかなる変更も不要である。

【0051】

本発明の他の態様により、上記の態様のいくつかまたは全部を取り入れた電気機械が提供され（これらは、相互に排他的ではない）、このような組み合わせは当業者にとって明らかである。具体的な実施形態の以下の説明に、上記の各種の態様が含まれていたり、含まれていなかったりするかもしれないが、そのことは重大でないと理解するものとする。

【0052】

本発明の実施形態を、添付の図面を参照しながらさらに説明する。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本発明が基本的に（ただしこれに限定されることなく）関係する、ヨークなしのセグメント型電機子の概略側面図である。

【図2】図1の装置の斜視図である。

【図3】本発明のある態様による機械の固定子ハウジングと固定子の分解斜視図である。

【図4】電気機械のある実施形態の固定子の分解斜視図である。

【図5a】電気機械のある実施形態の固定子の端面図である。

【図5b】電気機械のある実施形態の固定子の図6aの線B-Bに沿った断面図である。

【図5c】電気機械のある実施形態の固定子の斜視図である。

【図6a】電気機械のある実施形態の固定子の鉄心とシェーの分解斜視図である。

【図6b】鉄心の別の実施形態の端面図である。

【図6c】鉄芯のさらに別の実施形態の端面図である。

【図6d】複合的固定子鉄心および結果として得られる磁束路の斜視図である。

【図7】本発明のある態様による電気機械の切断斜視図である。

【図8】本発明のある態様による電気機械のスライス（図7の切断面のもの）である。

【図9】本発明のある態様による電気機械の断面図（図7の切断面のもの）である。

【図10】図9の線10-10の断面図である。

【図11a】図9の線11-11のスライスである。

【図11b】図11aに対応するが、冷媒の流れ方が異なる概略図である。

【図12】図9の矢印XIIの方向から見た側面図である。

【図13】図9の矢印XIIIの方向から見た端面図である。

【発明を実施するための形態】

【0054】

ヨークなしのセグメント型電機子機械10が図1に概略的に示されている。機械10は、固定子12と2つの回転子14a、14bを有する。固定子12は、回転子14a、14bの回転軸20の周囲で円周方向に離間された個別の固定子鉄心16の集合である。各鉄心16はそれぞれの軸16aを有し、軸16aは回転軸20に平行に配置される。しか

しながら、これは絶対不可欠ではない。アキシアルフラックス型機械において、軸 16 a は実際に回転軸 20 に平行である。しかしながら、これは、それに対してどの角度でも配置でき、回転軸 20 に関して半径方向であってもよい。以下の説明は、アキシアルフラックス型機械に関するものであるが、これはいかなる意味においても限定的と理解されるべきでなく、内容的に可能なかぎり、本発明は固定子鉄心 16 が異なる角度で傾斜していても同様に適用される。

【0055】

各固定子鉄心の各端にシュー 18 a, 18 b が設けられ、このシューはコイルスタック 22 を制限するという物理的目的を果たし、スタック 22 は好ましくは、断面が四角形の絶縁ワイヤ（または、おそらくは断面が三角形）であり、高い占積率を実現できる。コイル 22 は、電気回路（図示せず）に接続され、回路は（モータの場合）、コイル内を流れる電流によって発生する磁場の極が隣接する固定子コイル 22 の間で反対となるようにコイルを励起する。

10

【0056】

2つの回転子 14 a, 14 b は、その間で固定子コイル 22 を挟んで相互に対向する永久磁石 24 a, 24 b を担持する。実際に、アキシアルフラックス型機械では、回転子とその磁石は放射状に配置されるが、固定子鉄心が傾斜しているとき、それも同様となる。2つのエアギャップ 26 a, 26 b がそれぞれのシューと磁石のペア 18 a / 24 a, 18 b / 24 b の間に配置される。回転軸 20 の周囲には偶数のコイルと磁石が離間され、好ましくは、コイルと磁石を異なる数として、各コイルがすべて同じ時、固定子に関する同じ回転位置で、対応する磁石ペアと整列しないようにする。これは、コギングの低減に役立つ。

20

【0057】

（本発明が基本的に関係する）モータでは、上記の電気回路は、コイル 22 を励起して、その極性が交互に変わって、異なる時点でコイルが別の磁石ペアと整列し、回転子と固定子の間にトルクを発生させるように配置される。回転子 14 a, 14 b は一般に相互に連結されて（たとえば、図示されていない軸による）、固定子 12 に関して軸 20 の周囲で一緒に回転し、固定子 12 は一般に（たとえば、図示されていないハウジングの中に）固定されている。このような配置による 1つの利点として、図 1 では、2つの隣接する固定子鉄心 16 と 2つの磁石ペア 24 a, 24 b によって磁気回路 30 ができるように示されている。それゆえ、固定子 12 にヨークは不要となるが、各回転子には、それぞれのコイル 22 から反対に面する各磁石 24 a, 24 b の裏面の間で磁束を連結させるために、バックアイアン 32 a, 32 b が必要である。

30

【0058】

そのため、モータの場合、コイル 22 の適正な励起によって、回転子 14 は軸 20 の周囲で回転することができる。当然のことながら、発電機の場合は、回転子 14 a, 14 b は、回転子 14 a, 14 b が回転すると固定子鉄心 16 の中に誘導される磁束の変化に応じて、固定子コイル 12 の中に電流を誘導する。

【0059】

しかしながら、いずれの場合もコイル 22 の中で発熱し、この熱が取り除かれないと機械の効率が低下し、その能力が限定される。したがって、本発明は、エアギャップ 26 a, 26 b の中に延びるハウジングで固定子コイル 16 を取り囲み、そのハウジングに冷媒を供給することを提案する。

40

【0060】

図 3 を参照すると、本発明の第一の態様による固定子 12 a が示されており、固定子コイルがプラスチック材料のクラムシェル 42 a, 42 b の間に配置されている。これらのクラムシェルは、外側円筒壁 44、内側円筒壁 46 および半径方向に配置された環状壁 48 を有する。環状壁 48 は、内側ポケット 50 を有し、これは固定子鉄心 16 のシュー 18 a, 18 b を受け、固定子 12 a の 2つのクラムシェルハウジング 42 a, 42 b が相互に組み立てられると、固定子コイルアセンブリ 16, 22, 18 a, 18 b を位置決め

50

する役割を果たす。固定子ハウジング４２ａ，４２ｂは、コイル２２の内側で空間５２を、また外側ではコイル２２の外の５４の周辺で空間を画定する。さらに、コイルの間にも空間５６がある。図３には示されていないが、組み立てられた際、固定子ハウジング４２ａ，４２ｂには、冷媒（好ましくは、非導電性液体）が空間５２，５４，５６の中に送出されて、コイルの周囲で循環し、これらを冷却できるようにするポートが設けられる。実際に、好ましくは、ポリカーボネートまたはその他の熱伝導性の低い材料から作られ、コイルによって発生され、シュー１８ａ，１８ｂの中に伝えられる熱は、ハウジングの内部に保持され、特に熱による影響を受けやすい磁石２４ａ，２４ｂには伝えられない。クラムシェル４２ａ，４２ｂに使用される材料の選択は、設計上の動作温度にある程度依存し、この温度が低い場合、適当な材料は多いが、この温度が高ければ、グラスファイバ強化プラスチック材料等の耐熱材料が望ましい。さらに、本発明の冷却方式に関して、図７から図１３を参照しながら後に説明する。

【００６１】

好ましい方式では前述のような機械の構成を採用し、完成後に空間５２，５４，５６に硬化性液体樹脂またはラッカーを充填して、コイル２２を含めたこれらの空間の内面すべてを浸潤させる。樹脂が各空間に行き渡ったら、空間５２，５４，５６により画定されるチャンバの内部の樹脂コーティングの表面部分のみを残して排出される。排出の前に、チャンバは液体ラッカーが特に、コイル２２のワイヤの間等の小さな空間にも確実に浸透するように、真空化してもよい。真空を解除する際、気圧の回復によってラッカーが残りの、行き渡らなかった空間へと送られる。実際に、ラッカーは、好ましくは、小さな空間まで浸透しやすいように低粘度である。排出後、樹脂を硬化させ（または硬化し）、空間５２，５４，５６をコイル２２から分離する電氣的絶縁層を形成する。この方法によって、水を冷媒として使用することができる。適当なラッカーは、当業者の知るところである。

【００６２】

再び図１と図２を参照すると、たとえ磁石２４，２４ｂとコイル２２の数を同じにしなくても、装置固有の問題として、隣接する磁石の間の高磁気抵抗ギャップ２６が固定子コイルシュー１８ａ，１８ｂの間の、これに対応するギャップを通過するときのコギング効果が発生する。

【００６３】

よく知られている点として、電気機械のコイルコアはしばしば、鋼鉄の積層体から製作される。鋼鉄は磁界の導体として優れている。そのため、磁気抵抗の低い経路が提供され、磁気抵抗損も小さくなる。しかしながら、ほとんどの強磁性材料の問題は、これらが一般に、導電性も有することである。したがって、導電体の中の磁束の変化によって渦電流が発生する。これは、絶縁体によって分離される積層体を使用することによって軽減されるが、絶縁体が所望の磁束方向に平行であるため、横方向の電流が小さくなるからである。しかしながら、新たな方式では、絶縁体で被覆して所望の形状に成形した軟鉄粒子（軟磁性複合材料－ＳＭＣ）を使って成功を収めており、これは樹脂絶縁体によって相互に結合される。高圧圧縮プロセスを使用し、構成部品を複雑な形状に成形して、優れたフォームファクタを有する三次元磁束パターンを生成することができ、その結果、高い占積率の巻き線を使用して、ＳＭＣの歯に直接巻くことが可能となる。

【００６４】

図４を参照すると、電気機械のある実施形態の固定子１２ｂが示されている。これは、低コスト装置における固定子の特に好適な構成である。これは、２つの、好ましくは同一の構成部品７５ａ，７５ｂから形成される一体の固定子鉄心１６'を有する。各構成部品は、直立する鉄心部品７６を有する円環７６である。鉄心部品は、対向する界面８１の上にスタッド８０とポケット８２を交互に有していてもよく、その結果、相互に対向するような向きとなったときに、スタッド８０がもう一方の構成部品のポケット８２に入り込むことによって、２つの同一の構成部品７５ａ，７５ｂは嵌合する。２つの構成部品は、糊付けにより合わせることができる。しかしながら、組み立てる前に、事前に巻かれたコイル２２（図４では一体のリングとして概略的に描かれている）が、１つの構成部品７５ａ

、75bの鉄心部品78の上に設置されるため、一緒に連結されると、構成部品75a、75bとコイル22による固定子12bの磁気部品の組立が完了する。

【0065】

図4に示される構成の利点は、固定子の各側の円環76と面する磁石が、隣接する固定子コイル22の間にエアギャップを生じさせないことである。したがって、前述のようなコギングという固有の問題が排除され、または少なくとも軽減され、磁石の磁気抵抗は連続的となり、固定子の位置に関してほとんど一定とすることができる。しかしながら、隣接するコイルの間の磁気接続は、磁路が短絡され、モータの効率を下げるため、抑制される。したがって、円環76は、各鉄心部品78の中間84において最も薄く、磁気短絡が発生する機会が減る。しかしながら、各固定子コイルの間に高磁気抵抗のギャップ84を提供することにより、金属面76全体のコギング防止効果が減少する。したがって、モータの円滑な動作とその効率の間にバランスをとらなければならない。それでもなお、モータの効率を大きく損なわずに、コギングを実質的レベルまで小さくする最適な位置がある。本発明の利点は、その製造コスト削減の可能性である。

10

【0066】

構成部品75a、75bは、有利な態様として、SMC材料から構成され、それぞれ別の型の中でプレスされる。しかしながら、その形状の単純さにより、巻き付けられた積層体の1つの円環（回転軸20の上に巻き軸を有する）から製造することが可能となり、隣接する鉄心部品78の間のスロット83はワイヤカッターで切断される。最後に、本発明の利点は、図2と図3に関して前述したように、シュー18と鉄心16を単独の円環ではなく、それぞれ個別に製造される構成を採用することによって、実現される。この場合、シューは、モータに構成されたときに相互に接触して、それによってコギングを減少させるような大きさとする。

20

【0067】

図5aと図5bに固定子12cの別の構成が示されており、これもコギングを軽減し、機械の性能に影響を与えない。ここで、各固定子鉄心16には個別のシュー18が提供され、それによって、それらの間にエアギャップ27aができる。通常は、それによって前述のようなコギング効果が発生する。しかしながら、ここでは、エアギャップ27aに半径方向に関して角度 α_1 だけスキューが施され、シューの少なくとも1つの辺18jにこの角度のスキューが生じ、当該の半径はシューの下側の辺18gを通過する。シューの他の辺18hには、角度 α_1 とは異なる角度 α_2 のスキューが施され、その数はエアギャップ27aの幅によって異なる。ともかく、 α_1 と α_2 の平均値は1°から45°の間であり、好都合な態様として、図の磁極片の数では約10°である。固定子鉄心16は、前述の実施形態と同様に台形であり、角が丸く、コイル22も同様に鉄心16によって形成される角の丸い台形である。これらは、回転軸20に関して対称的に配置される。これは、反対の角18d、18fにおいて、コイル22はシュー18の境界を越えて延びる。しかしながら、少なくとも外縁18eにおいて、シューは隣接するシューのコイル22とわずかな量だけ重複する。後方角18gは少なくともその固定子鉄心18のコイル22と重複する。

30

【0068】

図5の右側に、固定子12cの反対側にあるエアギャップ27'aが点線で示され、そのシューの下側の角18'gが完全に見えている。したがって、2つのエアギャップ27a、27'aは、小さな菱形の領域27bの中でのみ軸方向に重なる。回転子の磁石間の高磁気抵抗ギャップ25が半径方向であると仮定すると、シューにスキューを施す効果は、ギャップがどちらも半径方向である場合より、固定子に関して、固定子の回転の弧がより広がる。

40

【0069】

当然のことながら、磁気ギャップ25にスキューを施すことも同等に実現可能であり、同じ効果が得られる。すなわち、シューギャップ27を、図1から図3に関して前述した実施形態と同様に、半径方向とすることができ、それによって磁気ギャップは各回転子1

50

4 a, 14 b に関して反対側に傾斜する。あるいは、固定子シューと回転子磁石の両方のスキューを組み合わせることも可能である。しかしながら、磁石の賦形はコストが高く、これに対し、固定子シューは好ましくは、賦形が容易なプレス成形部品である。いずれの場合も、角度 β (2つのシューギャップ 27 a, 27' a の周辺境界の間に内在する角度) として示される遷移の弧が、略 α_1 と α_2 の和に等しいことが好ましい。当然のことながら、バランスをとる必要があり、これは、1つの磁石から別の磁石までの遷移がトルクを減少できる領域を表しており、したがって、これを広げると、遷移間のトルクを集中させるという必然的な影響があるからである。

【0070】

また、シュー 18 がシューの周辺全体で 18 k のように外側に面取りされている点にも注意すべきである。これは、シュー 18 の平坦部分からの磁束を磁石 24 a, 24 b に向かわせるのに役立つ。

【0071】

実際、電気機械のある実施形態において、固定子鉄心とシューの材料の磁束の方向への磁気抵抗を最小限にするという問題には、図 6 a から図 6 d の構成で対処する。それゆえ、図 4 に関して前述したように、SMC 材料が非常に好適であるが、被覆された軟鉄粒子は渦電流を軽減させ、一般には全方向への磁気抵抗を低くする能力がある一方で、これらは最善の、すなわちできるだけ小さい磁気抵抗を有するわけではなく、これは依然として、少なくとも積層体の平面または方向においては、積層体を用いる方法によるべきである点に注意が必要である。

【0072】

この点に関して、本発明は、固定子鉄心 16 とシュー 18 の構成に上記のような粒子を使用するものの、好ましくは、これらの粒子によって通常提供されるものより低い、低磁気抵抗の優先方向、または少なくとも平面を有するように配置することを提案する。鉄心 16 の場合、この優先方向は、軸 16 a に平行な平面内にある。シュー 18 の場合は、好ましくは縦軸 16 a に対して垂直な平面に配置される。これはいくつかの方法で実現できるが、基本的には、図 6 a に示されるように、鉄心 16 とシュー 18 を別々の構成として、その後、組み立てる。

【0073】

したがって、図 6 a の鉄心 16 は、丸い、絶縁材で被覆された軟鉄粒子から製造される。これらの粒子は、まず扁平化させてディスク状の構成部品にし、その後、型に入れて最終的に一緒にプレスする。型は、粒子のプレス方向と、プレス前のその初期分布が、粒子の主要寸法が軸 16 a に平行な面にあるように構成する。これを最も都合よく行うには、部分的だけではあるが、最初に基本的に丸い粒子を型に入れ、これを軸 16 a に垂直な方向と一緒にプレスする。たとえば、矢印 A の方向に上方にプレスすることにより、粒子の、方向 A に垂直な平面が扁平化されるだけでなく、矢印 B の方向に広がる傾向がある。

【0074】

しかしながら、理想的には、長い粒子を型の中に、その長軸が軸 16 a と平行になるように配置する。これは、粒子を配向するのに磁界を利用することによって可能となる。その場合、構成部品のための最小磁束線は、軸 16 a に平行な平面だけでなく、実際にはその特定の方向にある。

【0075】

これに対して、シュー 18 は、好ましくは、丸い粒子を軸 16 a に平行な方向にプレスして、プレス中にこれらが軸 16 a に垂直な平面の中で横方向に広がるようにすることによって製造される。したがって、シュー 18 と鉄心 16 が相互に組み合わせられると、磁束は最小限の磁気抵抗で鉄心 16 から縦軸 16 a の方向に延び、鉄心 16 から出て、鉄心の端部 16 d を通って軸 16 の方向に向かってエアギャップ 26 a, 26 b に直接入るだけでなく、垂直に、シューの周辺 18 c にも入り、これは図 6 d に示される磁束の矢印から見ることができる。

【0076】

好ましい構成において、固定子鉄心16はまた、積層ロールからなり、これは最小磁気抵抗の方向的な偏りを改善できる。それゆえ、図6bにおいて、絶縁コーティングを有する鋼鉄の圧延薄板90を型（図示せず）の中に置き、その軸を形成しようとする鉄心16bの（最終的な）軸16aに平行にする。すると、プレスによって型が粒子で満たされ、積層体圧延薄板の周囲が圧縮され、粒子の最小磁気抵抗の平面が軸16aに平行となる。これが圧延薄板90を取り囲み、鉄心の断面は所望の台形となる。

【0077】

別の方法は、少なくとも軸16aに平行な最少磁気抵抗面を有する圧縮軟鉄粒子の台形のコア92を形成することである。積層体圧延薄板94をコア92の周囲に巻くと、その結果、固定子鉄心16cの外部断面は所望の形状となる。

10

【0078】

図6bと図6cの鉄心16b、16cはどちらも、軸16aに平行な最低磁気抵抗の優先的方向を有する。プレスにより軟鉄粒子から形成されたカラー18cの最少磁気抵抗面は、軸16aに垂直である。組み立てられた状態の鉄心とカラーの磁気抵抗は非常に低く、方向的に最適化された固定子コアが得られる。

【0079】

本発明を、モータ100の具体的な構造を示す図7から図13を参照しながらさらに説明する。前述のように、説明はモータに関するものであるが、この原理は発電機にも直接適用されると理解するべきである。モータ100は、実際には、ボルトで結合された2つのスライス100a、100bである。モータスライス100a、100bの各々は、半径方向の平坦な端面104a、104bを有する管状ハウジング102a、102bを有し、これによって、いくつかのハウジング102が、ハウジング102a、102bの周囲に配置されたボス108を通過するボルトナット106で端と端を結合される。実際に、モータ100は、たとえば取付フランジとしてボス108を使用して、自動車の中に取り付けることができる。ボルトで結合された複合的モータ100であるものの、モータスライス100a、100bの各々は、後述のように相互に独立しており、モータ管理システムによって必要に応じて、独自の速度とトルクで駆動でき、ここではこれについて詳しく説明しない。しかしながら、後述のように、モータスライス100a、100bは、単独の出力ドライブに接続することができ、それによって利用可能な出力トルクが二倍となる。実際、積み重ねて1つにできるモータスライス数は無制限である。

20

30

【0080】

それゆえ、各モータスライス100a、100bには、シュー118a、118bを有する固定子鉄心116上に取り付けられた複数の固定子コイル122を有する固定子112がある。コイル122は、図10に示されるように、回転子軸120の周囲で周方向に離間され、図10のモータにはこれが18個ある。各固定子コイルシュー118a、118bは、環状の非導電性非磁性クラムシェル142a、142bのポケット150の中に受けられる。クラムシェルは、その外周143a、143bでモータハウジング102a、102bの内側フランジ144a、144bに固定される。

【0081】

環状クラムシェル142a、142bの内縁145a、145bは、基本的に管状の内側固定子ハウジング146のフランジ147a、147bに取り付けられる。内側固定子ハウジング構成部品146は、クラムシェル142a、142bとモータハウジング102とともに環状チャンバ152を構成し、その中に固定子コイルが配置される点に注意すべきである。

40

【0082】

図11aを参照すると、回転子ハウジング102には、ポートボス154が設けられ、冷媒のための入口156が設けられる。チャンバ152の中で、バリアまたはブロック158が第一のコイルとハウジング102、146の間に配置され、チャンバ152を2つの平行な環状経路152a、152bに分割する。それぞれに、入口ポート156の分岐156a、156bが設けられる。平行な経路152a、152bは、コイル122によ

50

って分離され、それらの間にギャップ155がある。それゆえ、経路152a, 152bの中で循環する冷媒は、コイル122の全周を通過して、循環できる。モータの周囲の循環が完了すると（逆流方向に、ギャップ155を通じた乱流が促進されることに注意すべきである）、冷媒はポートボス154から出口160a, 160bによって排出される。これらは、ポート160で合流し（図9）、冷媒を、来たところからポンプと熱交換器（いずれも図示せず）に戻す。別の方法もきわめて現実的である。

1）冷却流体は機械に直接、機械の底部付近の入口と上部付近の出口を使って送出される。流体は、コイルの外半径と内半径の周囲を流れてもよく、一部の流体はまた、コイルの間にも流れる。これは、実現するのに最も単純な冷却路であるが、おそらく、最も効果が低い。

2）冷却流体はモータの周囲でジグザグに、2-8カ所で外半径と内半径の間で移動し（コイルと固定子ハウジング102, 146の間に配置されたブロックによる）、その結果、一般に機械の最も高温の部分であるコイルの間に流体が送られる。

3）冷却流は分割され（前述のとおり）、一部はコイルの内半径の周囲に流れ、残りは、反対方向の外径へと流れる。一部の流体はまた、コイルの間にも流れる。

4）特に好ましい実施形態において、冷却流は図11bに示されるとおりであり、図中、1つの入口156'と1つの出口160'が設けられ、入口と出口の間のコイル122aの両側にブロック158aが設けられている。ブロック158bは、機械の周辺で、コイル122b, 122cの外側の最初（158b1）と最後（158b2）および、コイル122dの内側に少なくとも1つのブロック158cの間に周期的に配置される。この構成により、流れは入口156に入り、機械の外側から始まるが、第一のブロック158b1によってチャンバ152の内側と中間コイル122dのそれぞれ違うもの同士の間にも流れるように方向づけられる。そこから、流れは機械の周辺で循環し続けるが、ブロック158cによって、強制的にチャンバの外に戻される。さらに、機械の周囲ではブロック158b2によって内側に戻され、最後に、ブロック158aによって外側に戻されて、出口160を通過して機械から出る。図11bでは、4カ所の方向転換箇所がある。しかしながら、いくつもの方向転換箇所があってもよく、入口と出口が一方は機械の外側にあり（図の通り）、もう一方は内側にある（図示せず）の場合は、奇数でもよい。

【0083】

図8と図9を参照すると、内側固定子ハウジング146は、中央内側フランジ162を有し、その両側に軸受164a, 164bが配置される。軸受164a, 164bには、モータ114a, 114bが取り付けられる。回転子は、内側フランジ166a, 166bを通じて接続される。これらは管状であり、離間されたボス168が設けられ、そこに受けられるナットとボルト170が2つの回転子114a, 114bを連結する。それゆえ、回転子114a, 114bは、あらゆる意図と目的において、単独で一体の構造である。円筒形のフランジ166a, 166bから、皿形のウィング172a, 172bが環状部174a, 174bまで延び、ここに磁石124a, 124bが取り付けられる。実際に、延長部174a, 174bは、好ましくは、磁石を受け、これらをしっかりと保持するためのポケット176を有する。

【0084】

磁石124a, 124bとクラムシェル142a, 142bの間には、エアギャップ126a, 126bがある。モータ技術において周知のように、エアギャップはできるだけ小さくして、磁気回路の磁気抵抗を小さくするべきである。しかしながら、図7から図13に関して説明したモータの構成では、モータ100a, 100bの組み立てに要求される厳しい製造誤差に対応して、非常に狭いエアギャップを設計することが可能となる。軸受164a, 164bは、動作の損失の重大な要因となるため、回転子はこの軸受に対してプレストレスを加えるようになされており、このプレストレスは、それらの間に配置されたスペーサ180によって制限される。当然、スペーサの軸方向の寸法は、しっかりと嵌合するように研磨されていてもよい。しかしながら、軸受以外には、誤差が累積し、大きなエアギャップを生じさせる構成部品は比較的少ない。当然、このような構成部品の1つ

10

20

30

40

50

は固定子 112 そのものであり、これに関して、内側固定子ハウジング 146 のフランジ 147a, 147b と従属フランジ 144a, 144b の寸法および、クラムシェル 142a, 142b の寸法は、クラムシェルによって形成された壁がその中に含まれたとしても、エアギャップ 126a, 126b をできるだけ小さくするためには非常に重要である。さらに、回転子内のどのストレスも、固定子 112 により対応されなければならない捻じれ（すなわち、回転軸 120 に垂直な軸の周囲、またはその方向への直線的応力）が発生する。しかしながら、チャンパ 152 全体に広がる一連の固定子鉄心とシューにより、チャンパ 152 内は対角線方向に強力に補強されるため、内側ハウジング 146 は軸方向に非常に安定する。

【0085】

10

さらに、回転子 114 を固定子 112 に直接取り付けるという考え方には、2つのまた別の有利な効果がある。第一は、磁石 124 とコイル 122 を回転軸 120 からできるだけ遠くに配置して、コイルと磁石の間に作用する磁気抵抗力が回転軸周辺の最大のトルクに変換されるようにすることを要求する、モータ設計の一般的な原理に関する。しかしながら、これは、回転子を固定子に関して磁石／コイルの半径よりずっと小さいところに固定しないと、回転子とその距離全体にわたって非常に剛性を保てるようにしなければならないことを意味する。回転子を固定子に直接取り付けることによって、その距離を縮めることができ、したがって、回転子はそれほど剛性であるは必要がない。あるいは、エアギャップをより小さくすることができる。第二に、管状本体 166 に変形する皿形の円環 172 を使って回転子を接続することによって、磁束の別の帰還路 30'（図 8 参照）が作られる。少なくとも、固定子が強磁性材料から製作されているとそうなる。このように別の磁路ができると、それによって磁束が磁石間のフランジ 174 の円周方向に制限される必要性が減り、また、各磁石－コイル－磁石という回路のための別の帰還路が得られるため、有利である。その結果、磁気回路の全体的磁気抵抗は低くなる。

20

【0086】

磁石によって各回転子にかかる軸方向の力が十分であることを理解するべきであり、これはエアギャップが小さくなると増大し、回転子 1 個あたり 7500 N のオーダであるかもしれない。その結果、回転子を軸方向に支持することが非常に重要であり、したがって、固定子と回転子の間の軸受は、この力に対して強力で安定した対抗力を提供する必要がある。回転子が固定子の両側に完璧に配置されると、軸方向の正味の力はゼロとなるが、これを実現するには、厳しい構築誤差と強固な軸受アセンブリが必要となる。しかしながら、本願で説明したように、回転子を固定子の内部に直接取り付けることにより、そのような精度を合理的なコストの範囲内で実現できる。この点で、軸受が設置され、位置付けられる軸方向のフランジ 162 は重要である

30

【0087】

実際に、図 8 と図 11 を参照すると、本発明のある態様による機械の 1 つの実施形態の、特定の形状面の特徴がある。前述のように、コイル 112 は外半径 R_2 を有する。これは、コイル全部を取り囲む最小の円の半径を意味する。同様に、これらは内半径 R_1 を有し、これは、上記に対応して、コイル全部の内側に適合する最大の円の半径である。コイルは、回転子軸 120 の周囲の円に適正に配置されるが、これは絶対必要ではない。しかしながら、軸受 164a, 164b の半径は、ここでは、軸受の回転要素の最も内側の部品に接触する円の半径であり、できるだけ大きく配置され、好ましくは、固定子の半径 R_1 と、下式で示される関係を有する。

40

$$r = k_1 \cdot R_1$$

式中、 k_1 は 0.5 から 0.9 の数値である。

【0088】

実際に、コイルは半径 (C_1) と円周 (C_2) の範囲を有する。ただし、 $C_1 = R_2 - R_1$ である。

周方向長さはいずれでもよいが、隣接するコイルの回転軸 120 を中心とする中心から中

50

心の弧と定義される。しかしながら、1つの好ましいモータは以下の関係を有する。

$$R_1 = k_2^* R_2, \text{ かつ}$$

$$C_1 = k_3^* C_2$$

式中、 k_2 は0.5から0.8、 k_3 は0.75から2.0である。

【0089】

事実、次の関係をとってもよい。

$$r = k^* R_2$$

ただし、 $k = k_2^* k_3$ 。

k は好ましくは、0.3から0.6の数値であり、1つの適当な構成では、約0.45であつてもよい。

【0090】

軸受164a、164bは独自の案内溝を有する玉軸受として示されているが、設計では、軸受表面を内側固定子ハウジング146と円形フランジ166のそれぞれの切頭円錐形または円柱形表面の上に形成することができ、保持器に限定されるテーパ付ローラ軸受をそれらの間に配置することができる。その結果、はるかに厳しい誤差が実現される。前述のように、回転子の構成部品は、鋼鉄等の強磁性材料から構成され、必要に応じて、鋳造または鍛造し、機械加工することによって構成してもよい。しかしながら、内側固定子ハウジング146と、実際に、モータハウジング102は、好都合な態様として、アルミニウム（合金）等の非磁性材料から鋳造される。しかしながら、アルミニウムであっても硬化された軸受表面を持たせることができる。この場合、フランジ162は使用されない。いずれにしても、現在の設計により、最小限の製造コストで1.0mm（±0.1mm）のオーダのエアギャップを維持できる。

【0091】

前述のように、2つのモータ100a、100bは独立している。回転子114は、相互に接続されていない。しかしながら、これらは明らかに、間に適切なスペーサを設け、ボルト170を長くすることによって、両方の回転子を通過するようにできる。実際に、さらに多くのモータを直列に追加することを阻害するものではなく、3つまたはそれ以上のモータを直列に縦一列にして利用できる。図に示すように、複合的モータの側面はカバー178で閉じられ、このカバーは、モータハウジング102の内部が円筒形の延長部分102c、102dの中に圧入される。カバーは、ディッシングプレスにより加工され、延長部102c、102dの内部に圧入されるが、他の固定方法も可能である。これらは、中央開口部を有し、そこからモータの出力190が延びる。

【0092】

出力190は、どのような適当な構成部品からなってもよく、シャフトであってもよい。ここで、図には3つの翼状片を有するヨークを有するシャフト（図示せず）を受け取るための三脚カップ192を備える標準的な駆動ハブとして示されている。通常、密閉部品（図示せず）がカバー178とハブ190の間に配置され、モータ100の内部環境を絶縁する。ハブ190は、環状ディスク194によって回転子114に連結される。ディスク194は、ボルトとナット170によって回転子に固定され、ハブ190の開口部195でボルト（図示せず）によってハブ190に固定される。実際、モータの設計を変えずにさまざまな出力構成が可能になるのは、固定子の上に回転子を直接取り付けからである。したがって、シャフトを用いない構成により、各種の出力構成を実現でき、これらには以下が含まれる。

- ・自動車用の「等速」（CV）ジョイントハウジング
- ・スプラインシャフト（雄または雌）
- ・穴パターンを設けない平坦なドライブプレート

【0093】

ある用途分野において、図7から図13に示されるモータ100が特に想定される。ある用途分野において、モータは、2つの車輪を駆動するように構成される。別のモータを多軸自動車の別の一对の車輪を駆動するために構成することができる。モータは、2つの

10

20

30

40

50

駆動ハブ190a, 190bの各々から延びる、駆動軸を有する車輪の間の略中央に配置される。変更は一切不要であり、これは、各モータスライスを個別に、一定のトルクで駆動できるからである。この構成の機械は、モータとしても発電機としても動作し、特に、ハイブリッド車において、ただし、少なくとも再生ブレーキを使用する場合に確実に使用できる。

【0094】

上記の説明から明らかなように、カバー178は、単なる防塵器であって、機械100の内部構成要素を保護する。これらは、構造上の役割はほとんど果たさない。装置（たとえば、機械が配置される自動車等）と出力の間の構造的連結は、以下のとおりである。装置がモータハウジングに連結される。モータハウジングには構造的に固定子を取り付けられる。固定子には構造的に、また回転的にも、回転子を取り付けられる。回転子には構造的に出力が取り付けられ、出力は、それ以外にはモータハウジングによって支持されない。ここで、「構造的に」という用語は、当該の構成部品が、主要または唯一の取付手段であるという意味で使用される。たとえば、多くの周知の状況において、ハウジングには固定子を取り付けられ、また（回転的に）回転子を取り付けられる。したがって、固定子で回転子を取り付けることが提案される。しかしながら、このような取付は付随的であり、本明細書において、当該の構成部品を、実質的に媒介を用いて構造的に取り付けることを意味していない。しかしながら、その点に関して、カバー178とハブ190の間に設置された密閉部品が、カバー上にハブを「取り付ける」ことはなく、構造的に独立しており、回転子と固定子の媒介によって、ハウジング内のハブの基本的な構造的取付は妨害されない。

【0095】

当然、回転子を固定子の上に、回転軸からある距離だけ離して直接取り付けることによって、構造的な中空空間が回転子の中にできる。用途に応じて、これは、歯車箱、特に遊星歯車箱をモータの中に配置することが可能となる。ある範囲で、本発明による機械を使った多くの状況において、コイルの管理に必要な電子機器が機械をさまざまな速度に関して実質的に一定の最大トルク（実質的に冷却限度が前提となる）で動作させ、たとえば、1つのモータスライスにつき500Nmのトルクで、3000rpmを超える回転速度まで動作させることができるため、歯車箱は不要である。しかしながら、歯車箱の使用も明らかに可能である。

【0096】

この構成はまた、機械を一行に相互接続することを容易にするという利点を有し、これは、回転子がハウジングの中に固定された軸受で支持される場合には通常そうであるように、モータをハウジングにおいてジャーナル軸受で支持する構成を妨害しないからである。明確に、固定子がどこから始まり、それが固定されるハウジングがどこで終わるかについては、幾分議論の余地がある。実際に、本発明は、モータの条件において、以下のような選択肢を提供し、これらに限定されない。

(a) スプライン出力を有する500Nmの1つのスライス。

(b) 個別制御可能な2つの500Nmのスライスで、各々、自動車用のCV型出力を有する。

(c) 2つのペア（1ペア1000Nm）として結合された4つのスライス。各ペアは上記と同様に（高性能）自動車用CV型出力を有する。

(d) 相互に剛体的に固定された4つのスライスで、2000Nmとなる。

【0097】

図8を参照すると、図の下半分と上半分は、回転子114a, 114bが並んだボスの中に延びるボルト170aによって相互接続されているが、スペーサスリーブ169によって離間されている点で異なっている。事実、前述のように、差が必要でないかぎり、2つの出力があるべき理由はないが、図8の下半部では、左側カバー178'が完全に閉じ、左側回転子114aにはディスク194とハブ190が接続されていない。その代わりに、駆動は右側の回転子114bに接続された単独のハブ190とディスク194に対し

て（またはそれから）行われる。実際、4つのスライスモータ（図示せず）は、図8の左側に回転子114を追加していくことによって単純に作製できる。あるいは、デュアルドライブ4スライスモータも、単純に図8の下半分の配置をそのまま繰り返すことによって実現でき、連続するカバー178'をなくし、各ペアの環状ハウジング102を接続すればよい。

【0098】

別の注目すべき点は、スライスが必ずしも、別のモータスライス100a, 100bでなければならないわけではないという点であり、これは、別のトルクスピードバランスを提供する別の歯車箱のスライスであってもよい。したがって、上記の例（a）において、スライスは、たとえば4：1の係数で回転速度をステップダウンする遊星歯車箱に追加することができる。これは、最大出力速度を減速させるが、逆に、非常に軽量のアセンブリから2000Nmのトルク（500Nm×4）を提供できる。もちろん、これらの図は、図7から図13に示す構成に適用され、18個の固定子磁極と1個の回転子につき20個の磁石を使用する。しかしながら、当然、別の選択肢も下は300Nm、上は1000Nmまで、いずれの方向にも利用可能である。

10

【0099】

図7から図13のモータ100は、図4から図6に関して上述した実施形態の特徴を持たないように示されているが、有利な点として、これらの特徴は希望に応じて組み込むことができる。当然、図4から図5に関して説明した実施形態は、相互に排他的である。

【0100】

本明細書の説明と特許請求の範囲を通じて、「～からなる、～を備える（comprise）」と「～を含む（contain）」という用語ならびにそれらの変化形は、「～を含み、これらに限定されない」という意味であり、これらは、他の構成成分、追加、構成部品、整数またはステップを排除しようとするものではない（排除しない）。本明細書の説明と特許請求の範囲を通じて、内容的に別の解釈が必要な場合を除き、単数形は複数形を含む。特に、不定冠詞が使用される場合、本明細書において、文脈上、他の解釈が必要な場合を除き、複数形および単数形も想定されると理解すべきである。

20

【0101】

本発明の特定の態様、実施形態または例に関連して説明された特徴、整数、特徴、組成物、化学的成分または集合は、それらと矛盾しないかぎり、本願で説明した他の態様、実施形態または例にも適用されると理解するべきである。本明細書（付属の特許請求の範囲、要約書および図面のすべてを含む）において開示されたすべての特徴および／または開示されたすべての方法またはプロセスのすべてのステップは、これらの特徴および／またはステップの少なくともいくつかが相互に排他的である組み合わせを除き、どのように組み合わせでもよい。本発明は、本明細書（付属の特許請求の範囲、要約書および図面を含む）において開示された特徴のすべての新規なもの、または新規の組み合わせ、開示された方法またはプロセスのステップの新規なもの、または新規な組み合わせにも及ぶ。

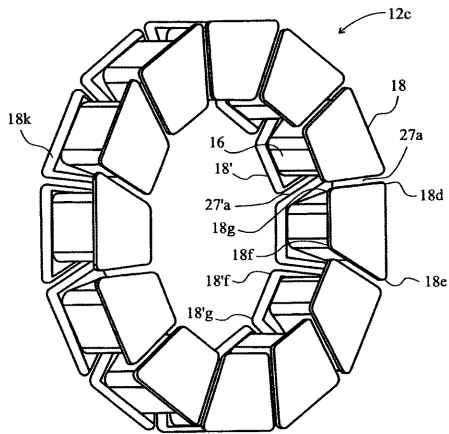
30

【0102】

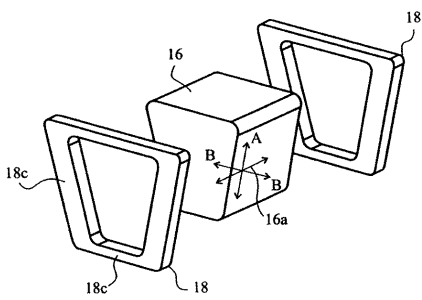
読者は、本願に関連して本明細書とともに、またはそれ以前に出願され、本明細書とともに閲覧用に公開されたすべての論文と文書にも留意されるべきであり、これらの論文と文書のすべての内容を引用によって本願に援用されるものとする

40

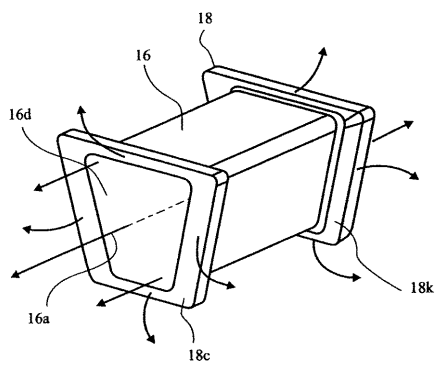
【図 5 c】



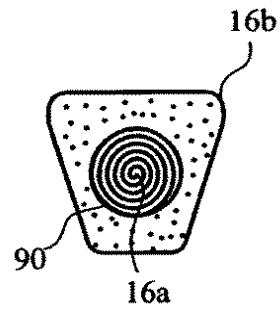
【図 6 a】



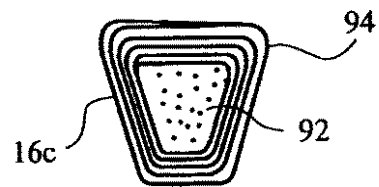
【図 6 d】



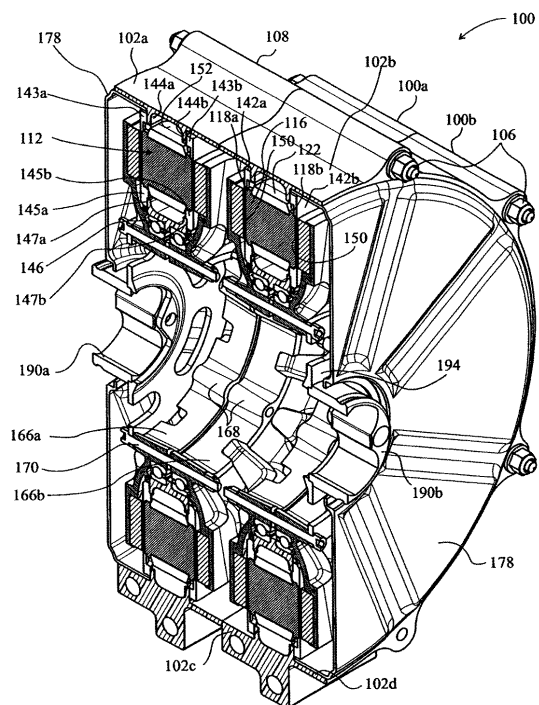
【図 6 b】



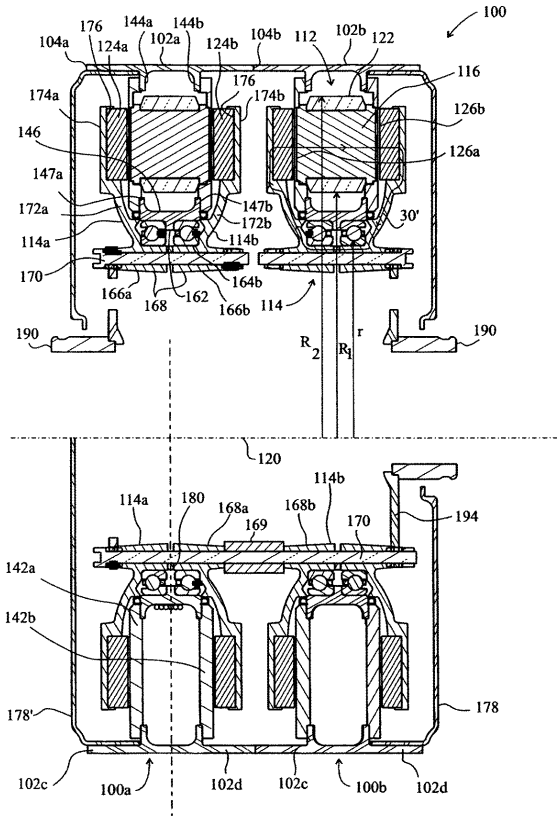
【図 6 c】



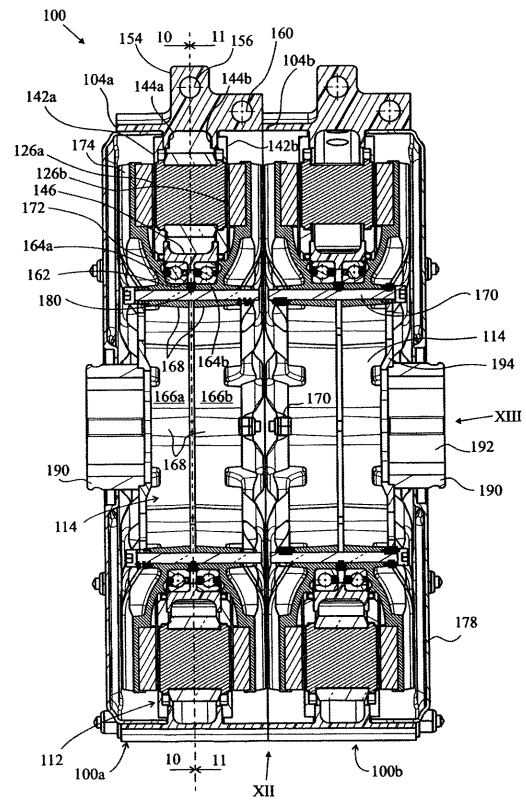
【図 7】



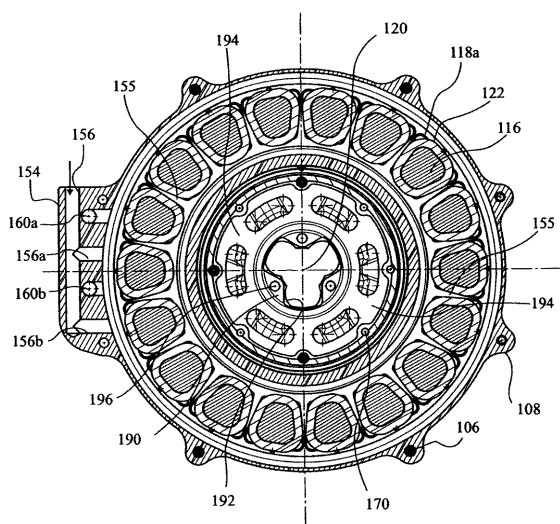
【図 8】



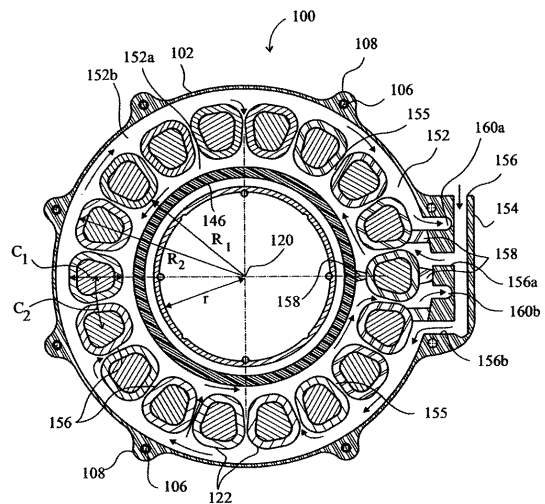
【図 9】



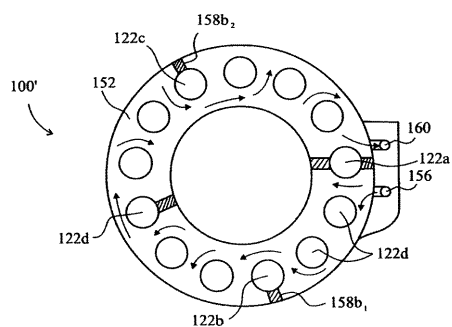
【図 10】



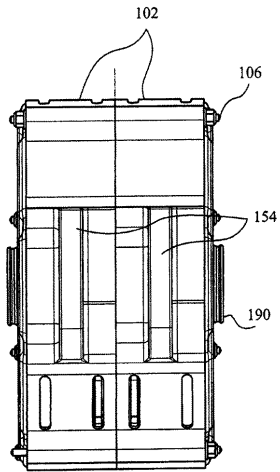
【図 1 1 a】



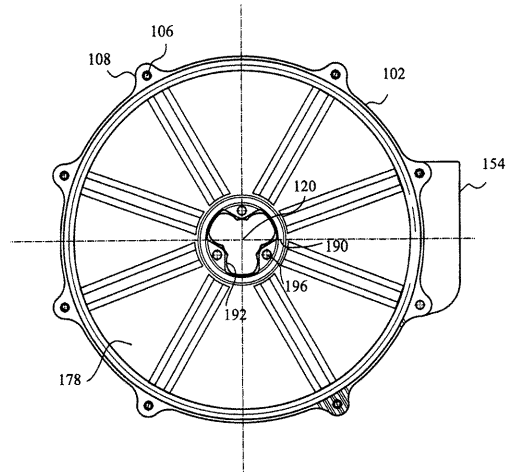
【図 1 1 b】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

- (72)発明者 マルコム マッカロック
イギリス オーエックス1 3ピージェイ オックスフォード オックスフォードシャー パーク
ロード(番地なし) ユニバーシティ オブ オックスフォード デパートメント オブ エンジ
ニアリング サイエンス
- (72)発明者 ヒューゴ スパワーズ
イギリス ジーユー19 5エーエイチ バグショット サリー ハイ ストリート 67-69
トゥルヤ ハウス リバーシンプル エルエルピー
- (72)発明者 アンドリュー ソーンビー
イギリス ジーユー19 5エーエイチ バグショット サリー ハイ ストリート 67-69
トゥルヤ ハウス リバーシンプル エルエルピー

審査官 安食 泰秀

- (56)参考文献 特開2005-261083(JP, A)
国際公開第2008/032430(WO, A1)
特表2001-500353(JP, A)
米国特許出願公開第2008/0100174(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H02K | 9/19 |
| H02K | 5/04 |
| H02K | 16/00 |
| H02K | 21/24 |