

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7615024号
(P7615024)

(45)発行日 令和7年1月16日(2025.1.16)

(24)登録日 令和7年1月7日(2025.1.7)

(51)国際特許分類	F I
H 0 2 K 19/10 (2006.01)	H 0 2 K 19/10 A
H 0 2 K 7/116(2006.01)	H 0 2 K 7/116
H 0 2 K 16/00 (2006.01)	H 0 2 K 16/00

請求項の数 28 (全33頁)

(21)出願番号	特願2021-516542(P2021-516542)	(73)特許権者	520456860 タウ モーターズ, インコーポレイテッド アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 4 0 6 3 レッドウッド シティ メイン ストリート 1 1 0 4
(86)(22)出願日	令和1年5月23日(2019.5.23)	(74)代理人	100079108 弁理士 稲葉 良幸
(65)公表番号	特表2021-525505(P2021-525505 A)	(74)代理人	100109346 弁理士 大貫 敏史
(43)公表日	令和3年9月24日(2021.9.24)	(74)代理人	100117189 弁理士 江口 昭彦
(86)国際出願番号	PCT/US2019/033811	(74)代理人	100134120 弁理士 内藤 和彦
(87)国際公開番号	WO2019/226929	(72)発明者	ルビン, マシュー ジェイ. アメリカ合衆国, インディアナ州 4 6
(87)国際公開日	令和1年11月28日(2019.11.28)		
審査請求日	令和4年4月4日(2022.4.4)		
審判番号	不服2023-21427(P2023-21427/J 1)		
審判請求日	令和5年12月15日(2023.12.15)		
(31)優先権主張番号	62/675,207		
(32)優先日	平成30年5月23日(2018.5.23)		
(33)優先権主張国・地域又は機関			
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電気モータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸を画定する出力シャフトと、
前記出力シャフトに連結された揺動ロータと、
前記ロータに揺動トラクション接合部によって機械的に連結されたステータであって、
それによって前記ロータの前記ステータに関する揺動中に前記ロータの傾斜軸が前記出力
シャフトの前記回転軸の周囲で傾くようなステータと、
を含む電気モータにおいて、

前記ロータと前記ステータの表面は半径方向の動的エアギャップの境界を画定し、そこ
に前記モータの電氣的作動により磁場が生成されて、前記ロータと前記ステータとの間に
力を生じさせ、

前記出力シャフトの前記回転軸を含む平面内で、前記エアギャップと接する前記ステー
タ表面に関して前記トラクション接合部が斜めになるように、前記トラクション接合部及
び前記エアギャップは配置され、

前記揺動ロータは第一の揺動ロータであり、前記ステータは第一のステータであり、前
記揺動トラクション接合部は第一の揺動トラクション接合部であり、前記モータは、

前記出力シャフトに連結された第二の揺動ロータと、

前記第二の揺動ロータに、第二の揺動トラクション接合部によって機械的に連結された
第二のステータであって、前記第二の揺動ロータの前記第二のステータに関する揺動中に
前記第二の揺動ロータの傾斜軸が傾いて、前記出力シャフトの前記回転軸に関して円錐面

を画定する第二のステータを含み、

前記第二の揺動ロータと前記第二のステータの表面は半径方向のギャップの境界を画定し、そこに前記モータの電氣的作動により磁場が生成されて、前記第二の揺動ロータと前記第二のステータとの間に力を生じさせ、

前記第一の揺動トラクション接合部の前進する係合点は、前記半径方向の動的エアギャップの最小の地点の前進する位置と整列する、電気モータ。

【請求項 2】

前記トラクション接合部は、ステータ歯群と軸方向に噛み合うロータ歯群を含む、請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 3】

前記ロータ歯群は前記ステータ歯群より多くの歯を含む、請求項 2 に記載の電気モータ。

【請求項 4】

前記ロータ歯群と前記ステータ歯群の歯の総数間には 1 本の差があり、それによって揺動トラクション接合部が 1 回揺動すると、前記ロータの前記ステータに関する回転位置は、歯 1 本分の円周方向のピッチだけ変化する、請求項 2 に記載の電気モータ。

【請求項 5】

前記第一の揺動ロータと前記第二の揺動ロータは前記出力シャフトに、モータの動作中、前記第一及び第二の揺動ロータ軸が前記出力シャフトの前記回転軸に関して反対方向に傾斜するように連結される、請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 6】

前記第一の揺動トラクション接合部の前進する係合点は、前記第二の揺動トラクション接合部の前進する係合点と前記第一のステータに関して整列する、請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 7】

前記第一の揺動ロータ及び前記第二の揺動ロータは、前記第一及び第二の揺動トラクション接合部間に軸方向に配置される、請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 8】

前記第一の揺動トラクション接合部及び前記第二の揺動トラクション接合部は、前記第一の揺動ロータと前記第二の揺動ロータとの間に配置される、請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 9】

前記ロータは、前記出力シャフトにジンバルにより回転可能に連結される、請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 10】

前記ステータの内面は、円筒形である、請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 11】

前記ロータのテーパ状のエッジ面は、円錐台形である、請求項 8 に記載の電気モータ。

【請求項 12】

前記トラクション接合部は、揺動中、前記ステータのテーパ状の面に当たって転動するように配置された前記ロータのテーパ状のエッジ面をさらに含む、請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 13】

前記トラクション接合部は、半径方向に前記半径方向の動的エアギャップの内側にある、請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 14】

前記トラクション接合部は、前記ステータの静止トラクション面と係合する前記ロータのトラクション面を含み、前記ステータの前記トラクション面は、ステータピッチ円錐角が 4 ~ 40 度であるステータピッチ円錐を画定する、請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 15】

前記ロータは前記ステータの中に配置される、請求項 1 に記載の電気モータ。

10

20

30

40

50

【請求項 16】

前記ロータは、半径方向に延びる円周方向に離間された歯を含み、

前記歯は、前記半径方向の動的エアギャップに接する遠位端面を有する、請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 17】

前記ステータは、ステータ巻線に関連付けられる、円周方向に離間された磁極を含む、請求項 16 に記載の電気モータ。

【請求項 18】

前記離間された歯の各々は、軸方向に離間された複数の歯突出部を含み、各ステータ磁極は、軸方向に離間された複数の磁極突出部を含む、請求項 16 に記載の電気モータ。

10

【請求項 19】

前記歯突出部及び磁極突出部は、前記動的エアギャップが最小になる地点で軸方向に整列される、請求項 18 に記載の電気モータ。

【請求項 20】

回転軸を画定する出力シャフトと、

前記出力シャフトに傾斜可能接続手段において連結される揺動ロータと、

前記ロータに隣接して配置されて動的エアギャップを画定するステータであって、前記ステータは複数の巻線を有し、各々が磁場を発生させるように構成され、前記ロータのそれぞれの側を前記ステータに向かって引き、前記ロータが、複数の巻線の逐次的アクティベーションにตอบสนองして前記ステータに関して揺動するようにして、前記傾斜可能接続手段を累進的に傾斜させるステータと、

20

を含む電気モータにおいて、

前記動的エアギャップは、前記ロータの外周面によって境界が定められ、それによって前記ロータ及びステータ間の磁気連結が主として半径方向になり、

前記ステータは前記揺動ロータに揺動トラクション接合部によって機械的に連結され、前記ロータの前記ステータに関する揺動中に、前記ロータのそれぞれの傾斜軸が前記出力シャフトの回転軸の周囲で傾き、前記トラクション接合部は、ステータ歯群と軸方向に噛み合うように構成されたロータ歯群を含み、

前記出力シャフトは、流動可能潤滑剤を前記トラクション接合部へと案内するように配置された注油ポートを画定し、

30

前記揺動トラクション接合部の前進する係合点は、前記動的エアギャップの最小の地点の前進する位置と整列する、電気モータ。

【請求項 21】

前記モータは、モータの動作中、潤滑剤の流れが前記揺動トラクション接合部へと案内されるようにするポンプを含む能動的注油システムを含む、請求項 20 に記載の電気モータ。

【請求項 22】

前記注油ポートは、その上に前記ロータが取り付けられるジンバルにより画定される注油チャンネルと流体連通する、請求項 20 に記載の電気モータ。

【請求項 23】

40

電気モータの動作方法において、

揺動ロータに隣接して配置され、前記ロータの外周面により境界が定められる動的エアギャップを画定するステータの第一のコイルを作動させて、前記ロータ及びステータ間の磁気連結が主として半径方向になるようにすることであって、前記揺動ロータは前記モータの出力シャフトに傾斜可能接続手段において連結されるようなことと、

前記ステータの第二のコイルであって、前記第一のコイルから円周方向に離間される第二のコイルを作動させることと、

前記ステータの第三のコイルであって、前記第一及び第二のコイルの両方から円周方向に離間された第三のコイルを作動させることとあって、前記第二のコイルは前記第一及び第三のコイル間に配置されるようなことと、

50

を含み、

前記第一のコイル、前記第二のコイル、及び第三のコイルを逐次的に作動させることによって、前記ロータは前記出力シャフト軸の周囲で揺動し、それによって前記出力シャフトを回転させ、

前記ステータは、前記揺動ロータに揺動トラクション接合部によって機械的に連結され、前記ロータの前記ステータに関する揺動中、前記ロータのそれぞれの傾斜軸が前記出力シャフトの回転軸の周囲で傾き、前記揺動トラクション接合部は、ステータ歯群と軸方向に噛み合うロータ歯群を含み、前記揺動トラクション接合部の前進する係合点は、前記動的エアギャップの最小の地点の前進する位置と整列し、

前記ロータは第一のロータであり、前記ステータは第一のステータであり、前記動的エアギャップは第一の動的エアギャップであり、前記傾斜可能接続手段は第一の傾斜可能接続手段であり、前記モータは、出力シャフトに連結された第二のロータと、前記第二のロータに第二の傾斜可能接続手段によって機械的に連結された第二のステータをさらに含み、前記第二のステータのコイルを逐次的に作動させて、前記第二のロータを前記出力シャフト軸の周囲で揺動させることを含み、前記第一及び第二のロータは累積トルクを伝達する、方法。

10

【請求項 2 4】

前記第一及び第二のロータは前記出力シャフトに、前記モータの動作中、前記第一及び第二のロータ軸が前記出力シャフトの前記回転軸に関して反対方向に傾くように連結される、請求項 2 3 に記載の方法。

20

【請求項 2 5】

前記第一のステータの前記第一のコイル、第二のコイル、及び前記第三のコイル並びに前記第二のステータの、前記逐次的にアクティベートされるコイルは、共同で同時にアクティベートされるコイルペアを形成し、各ペアは、前記第一のステータのコイルと、前記第一のステータの前記コイルと円周方向に整列された前記第二のステータのコイルの両方を含む、請求項 2 3 に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記ステータの前記第一のコイルをアクティベートすることは、前記ステータの複数の円周方向に隣接する巻線のうち、前記第二のコイル及び前記第三のコイルを除く巻線を同時にアクティベートすることを含む、請求項 2 3 に記載の方法。

30

【請求項 2 7】

前記ステータは前記ロータに揺動トラクション接合部によって機械的に連結され、モータの動作中に流動可能な潤滑剤を前記揺動トラクション接合部へと案内することをさらに含む、請求項 2 3 に記載の方法。

【請求項 2 8】

前記流動可能な潤滑剤を案内することは、前記潤滑剤が前記出力シャフトの注油ポートを通じて流れるようにすることを含む、請求項 2 7 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

技術分野

本発明は、電気モータと、そのようなモータの動作に関する。

【背景技術】

【0002】

背景

電気モータを特徴付け得る方法の 1 つは、そのトルク密度（すなわち、単位モータ体積で実現可能なトルク）によるものである。特に高いトルク密度が必要な多くの用途に関しては、油圧モータがより実用的であることが分かっており、これは、電気モータで高いトルク密度を実現することが困難であるからである。従来のモータは、電磁素子を備えるステータと、中心回転軸の周囲でステータに関して回転するロータを有する。ステータ及び

50

ノ又はロータは電氣的に作動されて接線方向の磁力を生成し、それがトルクを発生させる。接線方向の力に加えて、電気モータはステータとロータとの間に磁力の結果である法線力（半径方向圧力と呼ばれることもある）も生成し、これはその大きさにおいて接線方向の力より大きい。典型的なモータにおいて、半径方向圧力はロータ全体にわたって慎重にバランスがとられて、ステータとロータとの衝突が防止される。偏心動作で動くロータを使用することによって法線力の利用を試みている例もある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

少なくとも部分的に半径方向圧力を利用して、容認可能な程度にスムーズな動力伝達のトルクを発生させる新規なモータの設計が必要である。

10

【課題を解決するための手段】

【0004】

概要

本発明の1つの態様は、回転軸を画定する出力シャフトと、出力シャフトに回転可能に連結されたロータと、揺動トラクション接合部によってロータに機械的に連結されたステータと、を有し、ステータに関するロータの揺動中にロータの傾斜軸が出力シャフトの回転軸の周囲で前進する電気モータを特徴とする。ロータとステータの表面は動的ギャップの境界を画定し、そこにモータの電氣的作動により磁場が生成されて、ロータとステータとの間に力を生じさせる。トラクション接合部とギャップは、出力シャフトの回転軸を含む平面内で、トラクション接合部がギャップと接するステータ表面に関して斜めになるように配置される。

20

【0005】

幾つかの実施形態において、ロータは第一のロータであり、ステータは第一のステータであり、揺動トラクション接合部は第一の揺動トラクション接合部である。モータはまた、出力シャフトに回転可能に連結された第二のロータと、第二の揺動トラクション接合部によって第二のロータに機械的に連結された第二のステータと、を含み、第二のステータに関する第二のロータの揺動中に第二のロータの傾斜軸が前進して、出力シャフトの回転軸に関して円錐面を画定する。第二のロータと第二のステータの表面はギャップの境界を画定し、そこにモータの電氣的作動によって磁場が生成されて、第二のロータと第二のステータとの間に力を生じさせる。

30

【0006】

幾つかの例において、第一及び第二のロータは出力シャフトに、モータの動作中、第一及び第二のロータ軸が出力シャフトの回転軸に関して反対方向に傾斜するように連結される。

【0007】

幾つかのケースにおいて、前進する第一の揺動トラクション接合部係合点は、前進する第二の揺動トラクション接合部係合点と第一のステータに関して回転整列する。

【0008】

第一及び第二のロータは、第一及び第二の揺動トラクション接合部間に軸方向に配置されてよく、又は第一及び第二の揺動トラクション接合部は第一及び第二のロータ間に配置されてよい。

40

【0009】

幾つかのモータにおいて、ロータは、相互に対して、及び出力シャフトの回転軸に対して垂直な2つの独立した傾斜軸を画定するジンバルによって出力シャフトに回転可能に連結される。

【0010】

幾つかの例において、ステータ表面は円筒形である。このようなケースにおいて、ロータ表面は円錐台形であってよい。

【0011】

50

多くの実施形態において、動的エアギャップは半径方向のエアギャップである。「半径方向の」エアギャップとは、ステータとロータとの間の、アクティブ磁束経路に沿ったエアギャップであって、ギャップを横切る最小抵抗の経路がロータの回転軸に関して軸方向又は接線方向より半径方向に向かうエアギャップを意味する。エアギャップは、それがロータの周囲の地点ごとに、及び時間と共に、ロータの揺動によってその寸法を変化させるという点で動的である。

【 0 0 1 2 】

幾つかの構成において、ステータは、それに関連する巻線を有するステータ磁極を有し、半径方向のエアギャップは半径方向にステータ磁極の内部にある。好ましくは、揺動中の何れの時点においても、トラクション接合部の最大トラクション係合点と最小動的エアギャップ地点が回転軸の反対側に配置される。

10

【 0 0 1 3 】

幾つかの他の構成において、ステータは、それに関連する巻線を有するステータ磁極を有し、半径方向のエアギャップは半径方向にステータ磁極の反駆動側にある。好ましくは、揺動中の何れの時点においても、トラクション接合部の最大トラクション係合点は、出力シャフトの、瞬間的な最小動的エアギャップ地点と同じ側に配置される。

【 0 0 1 4 】

幾つかの実施形態において、トラクション接合部は、ステータの歯群と噛み合うロータの歯群を特徴とする。幾つかのケースにおいて、ロータの歯群はステータの歯群より多くの歯を含む。好ましくは、ロータの歯群とステータの歯群の歯の総数間には1本の差があり、揺動トラクション接合部が1回揺動すると、ステータに関するロータの回転位置は、歯1本分の円周方向のピッチだけ変化する。

20

【 0 0 1 5 】

幾つかのケースにおいて、トラクション接合部はまた、揺動中、ステータのテーパ状の停止面に当たって転動するように配置された、ロータのテーパ状エッジ面を特徴とする。

【 0 0 1 6 】

幾つかの構成において、ステータは、出力シャフトを受ける軸受けを支持するステータエンドキャップを含み、ステータエンドキャップはステータの歯を特徴とする。

【 0 0 1 7 】

幾つかの例において、トラクション接合部は、法線荷重を受けると反作用面と転動係合する弾性摩擦面を特徴とする。

30

【 0 0 1 8 】

幾つかの構成において、トラクション接合部は、半径方向に動的エアギャップの反駆動側にある。他の構成において、トラクション接合部は、半径方向に動的エアギャップの内部にある。

【 0 0 1 9 】

幾つかの実施形態において、ステータは、ロータの周囲で円周方向に離間された、独立してアクティベート可能な複数の巻線を有する。巻線は、前進する揺動トラクション接合部係合点の前に連続的にアクティベートして、ロータの回転を起こさせる。モータはまた、ステータの巻線をアクティベートするように動作可能なスイッチ群を有する巻線コントロールも含んでよい。

40

【 0 0 2 0 】

幾つかの構成において、ステータの複数の隣接する巻線は、巻線群として同時にアクティベート可能であり、ステータは、ステータの周囲に離間された複数のそのような巻線群を含む。

【 0 0 2 1 】

幾つかの実施形態において、ステータは、ステータ巻線に関連付けられる、円周方向に離間された磁極を有する。磁極は、積層体の軸方向の積重ねにより形成されてよい。好ましくは、積層体は、すべてのステータ巻線を開いた後少なくとも1分間にわたり、ロータにおいて少なくとも100ガウスの残留磁極を有するように形成される。このような残留

50

磁極は、例えば、ステータの無励磁化の後にロータ位置を保持するのを助けることができる。

【0022】

幾つかのケースにおいて、揺動トラクション接合部は、ロータをステータに関してステータ磁極のピッチとほぼ等しい距離だけ回転前進させるように構成される。

【0023】

幾つかの実施形態において、トラクション接合部は、ステータの静止トラクション面と係合するロータのトラクション面を特徴とし、ステータのトラクション面はステータピッチ円錐を画定し、ステータピッチ円錐角は4～40度である。幾つかのケースにおいて、ロータのトラクション面はロータピッチ円錐を画定し、ロータピッチ円錐角とステータピッチ円錐角との差は10度未満、好ましくは7.5度未満、より好ましくは5度未満である。

10

【0024】

幾つかの構成において、ロータは、ステータ内、例えばステータ磁極間に配置される。幾つか他のケースにおいて、ロータはステータの磁極の周囲に延びる。

【0025】

幾つかの例において、ロータは半径方向に延び、円周方向に離間される歯を有し、その遠位端面は動的エアギャップと接する。遠位端面は、ステータの磁極に向かって半径方向に外側を向くか、又はステータの磁極に向かって半径方向に内側を向いてもよい。

【0026】

幾つかのケースにおいて、ステータは、ステータの巻線に関連付けられる、円周方向に離間された磁極を有する。幾つかの例において、離間された歯の各々は、軸方向に離間された複数の歯突出部を特徴とし、各ステータ磁極は、軸方向に離間された複数の磁極突出部を特徴とする。好ましくは、歯突出部と磁極突出部は、最小動的エアギャップ地点において軸方向に整列される。

20

【0027】

ロータは、幾つかの実施形態において、エアギャップに隣接する強磁性材料の複数の積層体を有する。

【0028】

幾つかのケースにおいて、揺動トラクション接合部に注油が行われる。例えば、モータは、注油システムにより揺動トラクション接合部の中へと案内される流動可能な潤滑剤を含んでいてよい。モータは、幾つかの構成において、潤滑剤の流れがモータの動作中に揺動トラクション接合部へと案内されるようにするポンプを備える能動的注油システムを含む。幾つかの構成において、出力シャフトは流動可能な潤滑剤をトラクション接合部に案内するように配置される注油ポートを画定する。注油ポートは、例えばその上にロータが取り付けられるジンバルによって画定される注油チャネルと流体連通していてよい。

30

【0029】

幾つかのモータ構成は、トラクション接合部に注油するために潤滑剤をレールから噴霧するように配置された少なくとも1つのノズルを備える注油レールを有する。

【0030】

本発明の他の態様は、回転軸を画定する出力シャフトと、出力シャフトに傾斜可能接続手段において連結されたロータと、ロータに隣接して配置され、動的エアギャップを画定するステータと、を含む電気モータを特徴とする。ステータは複数の巻線を有し、その各々が、磁場を生成して、ロータのそれぞれの側をステータに向かって引き、複数の巻線の逐次的アクティベーションにตอบสนองしてロータをステータに関して揺動させて、傾斜可能な接続手段を累進的に傾斜させるように構成される。傾斜可能接続手段は、ロータから出力シャフトへとトルクを伝達するように配置されたジンバルを特徴とする。

40

【0031】

幾つかの実施形態において、ロータは第一のロータであり、ステータは第一のステータであり、動的エアギャップは第一の動的エアギャップであり、傾斜可能接続手段は第一の

50

傾斜可能接続手段である。モータはまた、出力シャフトに回転可能に連結された第二のロータと、第二のロータから出力シャフトへとトルクを伝達するように構成された第二のジンバルを特徴とする第二の傾斜可能接続手段によって第二のロータに機械的に連結された第二のステータも含む。第二のロータと第二のステータの表面は第二の動的エアギャップの境界を策定し、その間に、モータの電氣的作動によって磁場が生成され、第二のロータ及び第二のステータ間に力を発生させる。

【 0 0 3 2 】

幾つかのケースにおいて、第一及び第二のロータは出力シャフトに、モータの動作中、第一及び第二のロータ軸が出力シャフトの回転軸に関して反対方向に傾くように連結される。

10

【 0 0 3 3 】

幾つかの配置において、前進する第一の動的エアギャップ最小位置は、第一のステータに関して、前進する第二の動的エアギャップ最小位置と回転整列される。

【 0 0 3 4 】

幾つかの例において、第一のステータは第一のロータに、第一の揺動トラクション接合部によって機械的に連結され、第二のステータは第二のロータに、第二の揺動トラクション接合部によって機械的に連結され、ステータに関するロータの揺動中、各ロータのそれぞれの傾斜軸は出力シャフトの回転軸に関して前進する。第一及び第二のロータは、第一及び第二の揺動トラクション接合部間に軸方向に配置されてよく、又は例えば第一及び第二の揺動トラクション接合部は、第一及び第二のロータ間に配置される。

20

【 0 0 3 5 】

幾つかのケースにおいて、ステータ表面は円筒形である。ロータ表面は円錐台形であってよい。

【 0 0 3 6 】

幾つかのモータにおいて、動的エアギャップは半径方向のエアギャップである。幾つかのケースにおいて、ステータは、ステータ巻線に関連付けられるステータ磁極を特徴とし、半径方向のエアギャップは、半径方向にステータ磁極の内部にある。ステータはロータに、揺動中の何れの地点においても、トラクション接合部の最大トラクション係合点と最小動的エアギャップ地点が回転軸の反対側に配置されるように構成された揺動トラクション接合部によって機械的に連結されてよい。幾つかの他のケースにおいて、ステータは、ステータ巻線に関連付けられるステータ磁極を特徴とし、半径方向のエアギャップは、半径方向にステータ磁極の反駆動側にある。ステータはロータに、揺動中の何れの地点においても、トラクション接合部の最大トラクション係合点が出力シャフトの、瞬間的な最小動的エアギャップ地点と同じ側に配置されるように構成された揺動トラクション接合部によって機械的に連結されてよい。

30

【 0 0 3 7 】

幾つかの実施形態において、ステータはロータに、ステータの歯群と噛み合うロータの歯群を特徴とする揺動トラクション接合部によって機械的に連結される。幾つかのケースにおいて、ロータの歯群はステータの歯群より多くの歯を含む。好ましくは、ロータの歯群の歯とステータの歯群の歯の総数には1本の差があり、揺動トラクション接合部の1回の揺動で、ステータに関するロータの回転位置が歯1本分の円周方向のピッチだけ変化する。

40

【 0 0 3 8 】

幾つかの構成において、トラクション接合部はまた、揺動中にステータのテーパ状の停止面に当たって転動するように配置されたロータのテーパ状のエッジ面も特徴とする。

【 0 0 3 9 】

ステータの幾つかの例は、出力シャフトを支える軸受けを支持するステータエンドキャップを含み、ステータエンドキャップはステータの歯を特徴とする。

【 0 0 4 0 】

トラクション接合部は例えば、半径方向に動的エアギャップの反駆動側又は、半径方向

50

に動的エアギャップの駆動側にあってよい。

【0041】

幾つかの配置において、ステータはロータに、法線荷重を受けて反作用面と転動係合する弾性摩擦面を特徴とする揺動トラクション接合部によって機械的に連結される。

【0042】

幾つかの実施形態において、ステータの複数の隣接する巻線は、巻線群として同時にアクティベート可能であり、ステータは、ステータの周囲に離間された複数のこのような多数巻線群を含む。

【0043】

幾つかの例において、ステータはそれぞれのステータ巻線に関連付けられる、円周方向に離間された磁極を有する。磁極は、積層体の軸方向の積重ねによって形成されてよい。

10

【0044】

幾つかの実施形態において、ステータはロータに、ステータの静止トラクション面と係合するロータのトラクション面を特徴とする揺動トラクション接合部によって機械的に連結され、ステータのトラクション面はステータピッチ円錐を画定し、ステータピッチ円錐角は4～40度である。好ましくは、ロータのトラクション面はロータピッチ円錐を画定し、ロータピッチ円錐角とステータピッチ円錐角との差は10度未満、より好ましくは7.5度未満、さらにより好ましくは5度未満である。

【0045】

幾つかのケースにおいて、ロータは、半径方向に延び、円周方向に離間された歯を特徴とし、その遠位端面は動的エアギャップと接する。遠位端面は例えば、ステータの磁極に向かって半径方向に外側を向くか、又はステータの磁極に向かって半径方向に内側を向いてよい。ステータがステータ巻線に関連付けられる円周方向に離間された磁極を特徴とする幾つかの構成において、離間された歯の各々は、軸方向に離間された複数の歯突出部を有し、各ステータ磁極は、軸方向に離間された複数の磁極突出部を有する。好ましくは、歯突出部と磁極突出部は、最小動的エアギャップ地点において軸方向に整列する。

20

【0046】

幾つかの例において、ロータは、エアギャップに隣接する強磁性材料の複数の積層体を特徴とする。

【0047】

幾つかの実施形態において、ステータは揺動トラクション接合部によって機械的に連結され、揺動トラクション接合部は、モータの動作中、潤滑剤の流れが揺動トラクション接合部へと案内されるようにするポンプを含む能動的注油システムによって注油される。幾つかの例において、出力シャフトは、流動可能な潤滑剤をトラクション接合部に案内するように配置された注油ポートを画定する。注油ポートは、例えばジンバルにより画定される注油チャンネルと流体連通してよい。幾つかの構成において、モータは、トラクション接合部に注油するためにレールから潤滑剤を噴霧するように配置された少なくとも1つのノズルを有する注油レールを含む。

30

【0048】

本発明の他の態様は、回転軸を画定する出力シャフトと、傾斜可能接続手段において出力シャフトに連結されるロータと、ロータに隣接して配置されて、動的エアギャップを画定するステータと、を含む電気モータを特徴とする。ステータは複数の巻線を有し、各々は、磁場を発生させて、ロータのそれぞれの側をステータに向かって引き、複数の巻線の逐次的なアクティベーションにตอบสนองしてロータをステータに関して揺動させ、傾斜可能接続手段を累進的に傾斜させるように構成される。動的エアギャップは、ロータの外周面により境界が定められ、ロータとステータとの間の磁気連結は主として半径方向になされる。

40

【0049】

幾つかの例において、ロータの外周面はテーパ状である。

【0050】

幾つかの実施形態において、ロータは第一のロータであり、ステータは第一のステータ

50

であり、動的エアギャップは第一の動的エアギャップであり、傾斜可能接続手段は第一の傾斜可能接続手段であり、モータはまた、出力シャフトに回転可能に連結された第二のロータと、第二のロータに第二の傾斜可能接続手段によって機械的に連結された第二のステータも特徴とする。第二のロータと第二のステータの表面は第二の動的エアギャップの境界を画定し、その中にモータの電氣的作動によって磁場が生成され、第二のロータと第二のステータとの間に力を生じさせる。

【0051】

幾つかの構成において、第一及び第二のロータは出力シャフトに、モータの動作中、第一及び第二のロータ軸が出力シャフトの回転軸に関して反対側に傾くように連結される。

【0052】

好ましくは、前進する第一の動的エアギャップ最小位置は、第一のステータに関して、前進する第二の動的エアギャップ最小位置と回転整列する。

【0053】

幾つかの実施形態において、第一のステータは第一のロータに、第一の揺動トラクション接合部によって機械的に連結され、第二のステータは第二のロータに、第二の揺動トラクション接合部によって機械的に連結され、ロータのステータに関する揺動中に、各ロータのそれぞれの傾斜軸は出力シャフトの回転軸の周囲で前進する。例えば、第一及び第二のロータは、第一及び第二の揺動トラクション接合部間に軸方向に配置されてよく、又は第一及び第二の揺動トラクション接合部は、第一及び第二のロータ間に配置されてよい。

【0054】

ステータがステータ巻線に関連付けられるステータ磁極を含む幾つかの例において、半径方向のエアギャップは半径方向にステータ磁極の内部にある。ステータがロータに揺動トラクション接合部によって機械的に連結されるケースでは、好ましくは、揺動中の何れの時点においても、トラクション接合部の最大トラクション係合点と最小動的エアギャップ地点は回転軸の反対側に配置される。

【0055】

ステータがステータ巻線に関連付けられるステータ磁極を含む他の幾つかの例において、半径方向のエアギャップは半径方向にステータ磁極の反駆動側にある。ステータがロータに揺動トラクション接合部によって機械的に連結されるケースでは、好ましくは、揺動中の何れの時点においても、トラクション接合部の最大トラクション係合点は、出力シャフトの、瞬間的な最小動的エアギャップ地点と同じ側に配置される。

【0056】

幾つかの実施形態において、ステータはロータに、ステータの歯群と噛み合うロータの歯群を特徴とする揺動トラクション接合部によって機械的に連結される。幾つかのケースでは、ロータの歯群はステータの歯群より多くの歯を含む。好ましくは、ロータの歯群とステータの歯群の歯の総数には1本の差があり、揺動トラクション接合部が1回揺動すると、ステータに関するロータの回転位置が歯1本分の円周方向のピッチだけ変化する。

【0057】

幾つかの例において、トラクション接合部はまた、揺動中、ステータのテーパ状の停止面に当たって転動するように配置されたロータのテーパ状のエッジ面も特徴とする。幾つかのケースにおいて、ステータは出力シャフトを支える軸受けを支持するステータエンドキャップを有し、ステータエンドキャップはステータの歯を特徴とする。トラクション接合部は例えば、半径方向に動的エアギャップの反駆動側にあるか、半径方向に動的エアギャップの駆動側にあつてよい。

【0058】

幾つかの構成において、ステータはロータに、法線荷重を受けて反作用面と転動係合する弾性摩擦面を含む揺動トラクション接合部によって機械的に連結される。

【0059】

幾つかのモータにおいて、ステータの複数の隣接する巻線は、巻線群として同時にアクティベート可能であり、ステータは、ステータの周囲に離間された複数のこのような巻線

10

20

30

40

50

群を特徴とする。

【0060】

ステータがロータに、ステータの静止トラクション面と係合するロータのトラクション面を特徴とする揺動トラクション接合部によって機械的に連結される幾つかの実施形態において、ステータのトラクション面はステータピッチ円錐を画定し、ステータピッチ円錐角は4～40度である。好ましくは、ロータのトラクション面はロータピッチ円錐を画定し、ロータピッチ円錐角とステータピッチ円錐角との差は10度未満、より好ましくは7.5度未満、さらにより好ましくは5度未満である。

【0061】

幾つかの配置において、ロータはステータ内に配置される。

10

【0062】

幾つかの構成において、ロータは、半径方向に延びる、円周方向に離間された歯を特徴とし、その遠位端面は動的エアギャップと接する。遠位端面は例えば、ステータの磁極に向かって半径方向に外側に、又はステータの磁極に向かって半径方向に内側に向いてよい。ステータがステータ巻線に関連付けられる円周方向に離間された磁極を特徴とする幾つかのケースにおいて、離間された歯の各々は軸方向に離間された複数の歯突出部を有し、各ステータ磁極は、軸方向に離間された複数の磁極突出部を有する。好ましくは、歯突出部と磁極突出部は、最小動的エアギャップ地点と軸方向に整列する。

【0063】

幾つかのケースにおいて、ロータは、エアギャップに隣接する強磁性材料の複数の積層体を有する。

20

【0064】

ステータがロータに揺動トラクション接合部によって機械的に連結される幾つかの構成において、揺動トラクション接合部は、モータの動作中に潤滑剤の流れが揺動トラクション接合部へと案内されるようにするポンプを含む能動的注油システムによって注油される。幾つかの例において、出力シャフトは、流動可能潤滑剤をトラクション接合部へと案内するように配置された注油ポートを画定する。モータは、トラクション接合部に注油するために、レールから潤滑剤を噴霧するように配置された少なくとも1つのノズルを有する注油レールを含んでいてよい。

【0065】

幾つかの例において、ロータは、相互に、及び出力シャフトの回転軸に垂直な2つの独立した傾斜軸を画定するジンバルによって出力シャフトに回転連結される。

30

【0066】

本発明のまた別の態様は、電気モータの操作方法を特徴とする。方法は、ロータに隣接して配置され、ロータの外周面により動的エアギャップを画定するステータの第一のコイルを作動させて、ロータとステータとの間の磁気連結が主として半径方向になるようにすることを含み、ロータはモータの出力シャフトに傾斜可能接続手段において連結される。方法はまた、ステータの第二のコイルであって、第一のコイルから円周方向に離間される第二のコイルを作動させることと、その後、ステータの第三のコイルであって、第一及び第二のコイルの両方から円周方向に離間された第三のコイルを作動させること、も含み、第二のコイルは第一及び第三のコイル間に配置される。第一、第二、及び第三のコイルを逐次的に作動させることによって、ロータは出力シャフト軸の周囲で揺動し、それによって出力シャフトを回転させる。

40

【0067】

幾つかの例において、ロータは第一のロータであり、ステータは第一のステータであり、動的エアギャップは第一の動的エアギャップであり、傾斜可能接続手段は第一の傾斜可能接続手段であり、モータはまた、出力シャフトに回転可能に連結された第二のロータと、第二のロータに第二の傾斜可能接続手段によって機械的に連結された第二のステータも特徴とする。方法は、第二のステータのコイルを逐次的に作動させて、第二のロータを出力シャフト軸の周囲で揺動させることを含み、第一及び第二のロータは累積トルクを伝達

50

する。

【0068】

幾つかのケースにおいて、第一及び第二のロータは出力シャフトに、モータの動作中、第一及び第二のロータ軸が出力シャフトの回転軸に関して反対方向に傾くように連結される。

【0069】

幾つかの例において、第二のロータと第二のステータは共同で第二の動的エアギャップを画定し、モータの動作中、前進する第一のダイナミックエアギャップ最小位置は、第一のステータに関して、前進する第二の動的エアギャップ最小位置と回転整列する。

【0070】

幾つかのケースにおいて、第一のステータは第一のロータに第一の揺動トラクション接合部によって機械的に連結され、第二のステータは第二のロータに第二の揺動トラクション接合部によって機械的に連結され、ロータのステータに関する揺動中に、各ロータのそれぞれの傾斜軸は出力シャフトの回転軸の周囲で前進する。

【0071】

幾つかの例において、第二のステータの、逐次的にアクティベートされるコイルの各々は、第一のステータのそれぞれのコイルと共にアクティベートされる。

【0072】

幾つかのケースにおいて、第一のステータの第一、第二、及び第三のコイル並びに第二のステータの、逐次的にアクティベートされるコイルは、共同で同時にアクティベートされるコイルペアを形成し、各ペアは、第一のステータのコイルと、第一のステータのコイルと円周方向に整列された第二のステータのコイルの両方を特徴とする。

【0073】

幾つかのケースにおいて、ステータの第一のコイルをアクティベートすることは、ステータの複数の円周方向に隣接する巻線を、第二のコイル又は第三のコイルを含まない巻線群として同時にアクティベートすることを含む。

【0074】

ステータがロータに揺動トラクション接合部によって機械的に連結される幾つかの例において、方法はまた、モータの動作中に流動可能な潤滑剤を揺動トラクション接合部へと案内することも含む。流動可能な潤滑剤を案内することは、潤滑剤が出力シャフトの注油ポートを通じて流れるようにすること及び/又は潤滑剤をモータ内の注油レールのノズルから噴霧することを含んでよい。

【0075】

本明細書で使用されるかぎり、「電気モータ」という用語は、電気モータ及び発電機を指す。

【0076】

本発明の他の態様によれば、電気モータは、機械的動作インタフェースに沿って配置され、磁氣的動作インタフェースに沿って位置する第一の磁気コンポーネントに動作的に接続された第一のトラクションコンポーネントを有する軌道アセンブリを含む。モータはまた、回転軸の周囲に軸受けを介して接続され、軌道アセンブリを中心回転軸に沿って配置された出力シャフトに動作的に接続し、その結果、回転自由度を得る複数のジンバルリングを備えるジンバルアセンブリを有する。モータはまた、同じく機械的動作インタフェースに沿って配置され、同じく磁氣的動作インタフェースに沿って配置された第二の磁気コンポーネントに動作的に接続された第二のトラクションコンポーネントを備える静止アセンブリを有する。機械的動作及び磁氣的動作インタフェースは、異なる表面間にある。

【0077】

少なくとも1つの磁気コンポーネントは複数の磁極を特徴とする。関係する回路は、磁極を所定のシーケンスで電磁的にアクティベートするように構成される。電磁的アクティベーションの結果として、第一及び第二の磁気コンポーネント間に偏心磁力が生じ、それによって軌道アセンブリを、ジンバルアセンブリにより画定される仮想旋回点の周囲で静

10

20

30

40

50

止アセンブリに関して偏心的に並進させる。第一及び第二の磁気コンポーネント間の圧縮（引力）は、第一のトラクションコンポーネントと第二のトラクションコンポーネントの機械的連通を介して接線方向の推力に変換されて、ジンバルアセンブリを介して出力シャフトに伝えられる。

【0078】

幾つかのケースにおいて、軌道アセンブリのトラクションコンポーネントは、その磁気コンポーネントに直接連結される。例えば、トラクションコンポーネントは、ロータ積層体群に直接取り付けられた歯車の特徴としてよい。又は、それは支持板を介して磁気コンポーネントに間接的に連結されてもよい。支持板は、軌道磁気コンポーネント、その関連するトラクションコンポーネント、及びジンバルアセンブリの間に、低質量の、構造的に剛直な、幾何学的に一貫した整列を提供するかもしれない。このような支持板は、従来の技術により、合金鋼、カーボンファイバ複合材料、又はアルミニウム合金等の構造的に適当な材料から製造されてよい。幾つかの用途において、トラクションコンポーネントを支持板の中に単独のコンポーネントとして組み込むことが構造的に有利であるかもしれない。支持板はまた、ジンバルアセンブリに直接連結されて、構造的整列を保持しながらトルクを伝えてもよい。支持板は、ジンバルリングに動作的に連結されてよい別のコンポーネントを含んでいてよいが、幾つかの用途において、ジンバルリングを支持板に直接組み込み、単独のコンポーネントとすることが有利であるかもしれない。

10

【0079】

軌道アセンブリのコンポーネントは、固定、溶接、接着剤結合、及び機械的締まり結合等の、所望の構造的剛直性及び耐久性を実現するための従来の技術を使って組み立てられてよい。支持板は、同様の技術を使ってジンバルアセンブリに連結されてよく、又は、ジンバルリングの役割を果たす支持板のケースでは、支持板は、回転軸受け接合面を介して第二のジンバルリングに動作的に連結されてよい。

20

【0080】

トラクションコンポーネントは、ゴム又はウレタン等の高摩擦柔軟材料、歯車又はトラクションレール等の剛直摩擦接合部であってよく、又は駆動レールに連結された歯車若しくは駆動レールに連結されたゴム製リング等、複数の構造からの要素を組み合わせてよい。駆動レールは、ステータに関する軌道ロータの移動限界を画定して、一貫した動作を提供してよい。歯車式トラクションコンポーネントは、内巻きの、若しくは円に似た歯のプロファイルを有していても、直線カット若しくはヘリカルカットされていても、凹状、凸状、ベベルカットされていても、又はその何れかの組合せであってよい。ステータ及びロータは各々、トラクションコンポーネントに連結されてよく、それによってモータの動作により回転する円錐形の接合面に沿った係合がなされてもよい。

30

【0081】

モータは、出力シャフトとステータハウジングを結合する1つ又は複数の軸受けを含んでいてよい。このような軸受けは、滑り軸受け、流体軸受け、又は転がり軸受けであってよく、これらはラジアル荷重、アキシヤル荷重、又はその組合せを支持してよい。シャフト軸受けはまた、ラジアル及びアキシヤル荷重の組合せを支持する複数のラジアル及びスラスト軸受けであってよい。テーパ状転がり軸受け又はアンギュラ軸受けは、予想されるシャフト荷重から、自動車応用にとって好ましい。軸受けは、永久的に注油されても、能動的注油を必要としてもよい。

40

【0082】

磁気コンポーネントの1つ又は両方は、鉄、鉄合金、酸化鉄、アルニコ若しくは磁性材料等の中実の強磁性材料、積層電気用鋼、鉄コバルト鋼、又はアモルファス合金等の積層強磁性材料、又は圧粉メタルコア若しくは焼結磁気複合材等の中実の複合材料を含んでいてよく、又は、このような材料の組合せを特徴としてもよい。ステータコアの強磁性材料は、低い残留保持力を有し、磁氣的に柔らかいと考えられてよく、例えば電気コア鉄、焼結磁気複合材、又は軟質磁気材料等、又は高い残留保持力を有し、アルニコ若しくは硬質磁気材料等、磁氣的に硬いと考えられてよい。柔らかいコア材料により、比較的低いヒス

50

テリシス損失でのステータ磁極の効率的で素早い逐次的励磁が可能となるかもしれず、他方で、硬いコア材料により、磁極の励磁が行われなない場合にロータの固定された位置的安定性が実現されるかもしれない。これらの材料は、従来の方法、例えば機械加工、ダイスタンプ法、レーザカット、又は圧縮成形を使ってパターン化されてよく、溶接、クレンジング、固定、又は接着剤結合等の従来の方法を使って必要に応じて組み立てられてよい。

【0083】

ロータコアは、励起されたステータとの磁気連通を容易にするかもしれない補足的な磁気外面を提供するように配置された強磁性材料であってよい。ロータは、実質的に均一であってよく、又は、ロータの最大半径とステータの最小半径に関する干渉を可能にする磁気連通を実現するためのスロットを有していてもよい。代替的に、外面は実質的に均一であってよい。表面はまた、動作中にロータコアの高さを通じて一定の最小エアギャップが得られるように、テーパ状に研削されてもよい。

10

【0084】

ジンバルアセンブリは好ましくは、ロータコアと出力シャフトとの間に、低摩擦のトルク伝達機構を提供する。ジンバルアセンブリは、単列転がり軸受、複列単式転がり軸受、又は流体若しくは中実潤滑ジャーナル軸受けの形態のジンバル軸受けを有してよい。単式針軸受け等の複列転がり軸受は、動作中の軸受け面の摩耗を均一にするために使用されてよい。

【0085】

ステータは、ステータハウジングに固定されて動作中にステータコアが静止したままに保持されるようにするステータコア、ステータコアと磁束経路を形成して、磁極の励磁によってステータコア内の磁場の強度が増大されるようにする複数のステータ歯、及び直接的な機械的接続により、又はステータハウジングを通じて間接的にステータコアに連結されるハウジングトラクションプレートを含んでいてよい。ステータ歯は、ステータヨーク、又はバック鉄心から突出してよく、それによってステータスロットができる。ハウジングトラクションプレートはまた、軌道ロータとステータとの間の機械的整列を支持するためにも使用されてよい。ステータコアは、1つの連続的な材料又は一連の個別のコンポーネントを含んでいてよい。連続する材料のほうがより高い寸法一貫性を提供するかもしれないが、ステータハウジングにより機械的に整列された状態で保持される一連の個別のステータ磁極によれば、効率的な製造と組立が可能となるかもしれない。

20

【0086】

ステータは、駆動側にあっても反駆動側にあっても、又は駆動側と反駆動側の両方にあってもよい。複数のステータ-ロータ磁極セットが相互に関して同心円状に配置されてもよく、それによって、動作中、複数の同心円状、すなわち入れ子状のロータ磁極の電磁励起から生じる力が1つのジンバルアセンブリに伝えられる。

30

【0087】

ステータ磁極によって、電氣的に隔離されている間に、電力用電子部品とステータコアとの間の電磁通信が可能となる。ステータ磁極は、絶縁された、若しくはエナメル被覆磁石ワイヤ等の導電ワイヤコイル、又は絶縁された銅棒等の複数の溶接された導電棒を含んでいてよい。ステータハウジングは、動作中、ステータコアに構造的な支持を提供する。ステータハウジングは、ステータコアの直接的な機械的延長部であっても、別のコンポーネントであってもよい。

40

【0088】

モータは、従来の電力用電気スイッチを使って制御される電力用電気アセンブリによって電源供給されてよく、これは、並列誘導負荷リアクタを使用することによって、デュアルロータ構成の中の2つのロータ間の相対速度のバランスをとるために並列ドライブの中に配線されてよい。

【0089】

モータの磁気エアギャップは、ロータコアの円周に沿って一貫していない。後述のモータにおいて、コア材料はステータコアに関するロータコアの複雑な3次元軌道運動による

50

「壁」から生じる壊滅的なダメージを防止するために、非ゼロのエアギャップを保持しなければならない。モータの動作中のエアギャップの変化と相互作用点は、ステータとロータとの間の距離の平面にわたり変化するかもしれない。しかしながら、好ましい最小エアギャップは、例えば0.05~2.0ミリメートル、より好ましくは0.5~1.5ミリメートル、さらにより好ましくは0.75~1ミリメートルであってよい。理解すべき点として、エアギャップは、空気以外の流体で満たされてもよい。

【0090】

モータの機械的接触面は、ギアオイル等の従来の液体潤滑剤、グリース等の半固体潤滑剤、グラファイト若しくはMoS₂等の乾燥潤滑剤、又はナイロン若しくは含油金属等の自己潤滑面を使って受動的に注油されてもよい。

10

【0091】

能動的注油によれば、電気コイル及び機械的接触面から熱を吸収する媒質を提供することによって、より高い電力密度が実現されるかもしれない。能動的注油システムは、流体潤滑剤をモータ中で循環させることによって、表面の間欠的又は連続的注油を提供するために使用されてよい。例えば、流体ポンプは、流体潤滑剤を流体ポンプから流体ラインを介してモータへと機械的に送り出してよく、そこで潤滑剤は指向性ノズルを介して放出され、モータ内の特定の場所への能動的注油及び/又は流体冷却を提供してよい。すると、流体は重力によってモータのベースのオイルパンの中に回収されて、戻り流体ラインを介してポンプに還流し、再循環され得る。このようにして、モータロータアセンブリは、注油されて、水に浸漬されていない環境中で動作してよい。それに加えて、潤滑剤の一部は、熱交換器を通過して、潤滑剤に熱を与えるか、又はそこから熱を除去して、各用途の具体的なニーズに合うように潤滑剤の温度及び/又は粘度を調整してよい。

20

【0092】

潤滑剤は、機械的接触面に注油するために使用される何れの従来の流体であってもよい。動作条件において、潤滑剤は1~500センチポアズの範囲内の低粘性流体、例えばモータオイル、500~2,000センチポアズの範囲の中粘性流体、例えばギアオイル、又は2,000センチポアズを超える範囲の高粘性半流体、例えばグリースであってよい。潤滑剤はまた、水性流体であってもよく、これは硫酸官能基化グラフェン等、潤滑性材料を含んでいても、含まなくてもよい。

【0093】

モータは、モータアセンブリ内で放出された潤滑剤を重力により回収し、それを戻り流体ラインに向かって案内する回収パンを含んでいてよい。

30

【0094】

注油システムは流体ポンプを有してよく、これは潤滑剤に圧力勾配を提供し、その結果、流体システム内で循環させる。このようなポンプは、ロータリポンプ等の定容積型ポンプでも、ギア又はピストンポンプ等の可変容量型ポンプでもよい。ポンプは、機械的又は電氣的動力源に動作的に接続されてよく、モータの動作中、連続的又は間欠的に動作してよい。ウェットサンプ能動的注油システムは、1つの流体ポンプを有してよく、これは回収パンに動作的に接続されて、オイルを流体ラインを通じて注油対象システム内で循環させる。このケースでは、オイル供給の大部分が回収パンの中にある。代替的に、複数の流体ポンプがドライサンプ能動的注油構成で動作してよく、この場合、回収パンからの流体は継続的に、好ましくは断面積に関して高い高さを有する保持タンク内に送出され、第二のポンプは流体を別の制御された流速でモータに戻るよう送出して、潤滑剤の循環を完結させてよい。

40

【0095】

注油システムは、潤滑剤をモータアセンブリの中の特定の場所、例えばトラクションプレート、ジンバル軸受け、及びステータ磁極に案内する1つ又は複数の指向性ノズルを有していてよい。

【0096】

出力シャフトは、遊星歯車等の追加のギアトレインに入力を提供してもよい。

50

【 0 0 9 7 】

本明細書で開示される本発明の各種の例は、特に高いトルク密度を提供でき、車両の推進のためのほか、定置式システムにおいても、基本的にスムーズな出力シャフトのパワーを提供するために使用できる。設計コンセプトは、シャフトのパワーを発生させるために法線力、軸方向の力、及び接線方向の力をより有効に利用でき、1つを利用するために他を犠牲にするといった従来のトレードオフの一部がなされない。

【 0 0 9 8 】

本発明の1つ又は複数の実施形態の詳細が添付の図面と以下の説明の中に示されている。本発明の他の特徴、目的、及び利点は、説明と図面から、また特許請求の範囲から明らかとなるであろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 9 9 】

図面の説明

【 図 1 】 電気モータの第一の例の斜視図である。

【 図 2 】 図 1 のモータの側面図である。

【 図 3 】 図 1 のモータの、非回転コンポーネントが切断されている部分断面斜視図である。

【 図 4 】 ロータが第一の方向に傾斜している、図 3 の断面の側面図である。

【 図 5 】 第二の反対の方向に傾斜しているロータを示す。

【 図 6 】 揺動ロータモータの動作の概略図である。

【 図 7 】 図 1 のモータの断面図である。

【 図 8 】 パワースwitchingを含むモータコントローラの概略図である。

【 図 9 】 ステータエンドキャップが取り外された、図 1 のモータの斜視図である。

【 図 1 0 】 ロータの斜視図である。

【 図 1 1 A 】 完全な1揺動サイクル中のロータの回転前進を連続的に示す。

【 図 1 1 B 】 完全な1揺動サイクル中のロータの回転前進を連続的に示す。

【 図 1 1 C 】 完全な1揺動サイクル中のロータの回転前進を連続的に示す。

【 図 1 2 】 他のモータの、ジンバルアセンブリを通る断面図である。

【 図 1 3 】 部分的に図 1 2 の線 1 2 A - 1 2 A に沿った、及び部分的に 1 2 B - 1 2 B に沿った断面図であり、注油及び冷却システムを示す。

【 図 1 4 】 図 1 3 の領域 1 4 の拡大図である。

【 図 1 5 】 注油レールを備える図 1 のモータの部分断面斜視図である。

【 図 1 6 】 名目ステータ角度が 3 0 度の、他の電気モータの第三の例を示す。

【 図 1 7 】 名目ステータ角度が 2 0 度の、他の電気モータの第四の例を示す。

【 図 1 8 】 反駆動側トラクション接合部を有する電気モータを示す。

【 図 1 9 】 反駆動側トラクション接合部を有する電気モータを示す。

【 図 2 0 】 駆動側トラクション接合部を有する電気モータを示す。

【 図 2 1 】 駆動側トラクション接合部を有する電気モータを示す。

【 図 2 2 】 アウタロータ式歯車積層モータを示す。

【 図 2 3 】 アウタロータ式歯車積層モータを示す。

【 図 2 4 】 インナロータ式歯車積層モータを示す。

【 図 2 5 】 ハウジングの端板が取り外された、図 2 4 のモータの上面図である。

【 図 2 6 】 アウタロータ式セグメントギア積層モータを示す。

【 図 2 7 】 3次元の相対的ロータ/ステータエアギャップ面運動を示す。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 1 0 0 】

各種の図面中の同様の参照記号は同様の要素を示す。

【 0 1 0 1 】

詳細な説明

まず図 1 及び 2 を参照すると、電気モータ 1 0 は、モータハウジング 1 4 に関して回転可能な出力シャフト 1 2 を有し、これは本説明文の中では、モータコンポーネントの回転

10

20

30

40

50

及びその他の運動に関する基準と考えられる。使用中、出力シャフト12は、適当な電力及び信号によって電氣的に作動されるとモータ12が回転力をそこに付加する他の物体に連結されるであろう。図2においてわかるように、出力シャフト12はモータの中を通過して延び、両端で露出しており、これは、回転力をモータの両端で伝達できることを意味する。ハウジング14は、出力シャフト12の回転軸16の周囲で回転対称であるように示されているが、何れの外形であってもよく、一般に、ハウジングを他の構造に固定して、モータの動作中にハウジングの回転を防止するための手段を含む。

【0102】

次に図3を参照すると、モータ10は2つのロータ18a及び18bを含み、各々がステータに関連付けられる。ロータ18aは、ステータ20aの中に配置され、ロータ18bはステータ20bの中に配置される。以下により詳しく説明するように、ステータ20a内の電気活動は、適正に制御されて、ロータ18aの運動を駆動し、ステータ20b内の同様の電気活動はロータ18bの運動を駆動する。ロータ18a及び18bはどちらも出力シャフト12に回転可能に連結され、その結果として得られるロータの運動の回転成分はすべて出力シャフト12に伝達され、それによって出力シャフトを回転させる。説明しやすくするために、モータの各端で出力シャフトを支持する軸受けは省略されている。

【0103】

しかしながら、従来の回転型電気モータとは異なり、ロータ18a及び18bの運動は純粹に回転ではない。後述のように、各ロータはステータに関して揺動し、この運動は、ロータがステータの表面に当たって転動し、他方でロータの傾斜軸が出力シャフトの周囲で前進して、概して円錐表面を掃引するウォブリングと説明することができる。各ロータとそれに関連付けられるステータとの間の有効エアギャップは一般に、それが従来のラジアルギャップモータのように、ロータの外周面とこれに隣接するステータの内周との間にあるという点で半径方向である。しかしながら、ロータの揺動により、このモータのエアギャップは動的であり、すなわち、これは揺動サイクル中にロータの周囲の何れかの特定の地点において変化し、これについては後述する。

【0104】

図3においてわかるように、ロータ18aはその上面に歯群を担持しており、それが、関連付けられるステータ20aの静止エンドキャップ24のロータ歯群22と係合する。ロータ18bは、同様の歯群(この図では見えない)を有し、それがステータ20bのエンドキャップの歯と係合する。この例において、噛み合っている歯群は揺動トラクション接合部を形成し、そこにおいて揺動ロータがステータ上で揺動し、係合点は、ロータの傾斜軸の前進と同期してロータの周囲で前進する。これをトラクション接合部と呼ぶが、これは、それがステータに関するロータの回転スリップを防止する役割を果たすからである。ステータの揺動運動によって、トラクション接合部の歯の大部分が何れの時点においても負荷を支え、トラクションの負荷は一度に複数の歯に分散される。図の例の幾つかにおいて、何れの時点でも一度に歯の少なくとも3分の1がトルクを伝えている。円状の歯の場合、何れの時点においても歯の半分に負荷がかかっているかもしれない。トラクション接合部に沿って歯を含む実施では、歯は主として軸方向に噛み合う。すなわち、インタフェースは軸方向の負荷又は磁気エアギャップに垂直な負荷を伝達する。本開示全体を通じて、トラクション接合部に沿って噛み合っている歯の例は、軸方向に噛み合っていると考えることができる。トラクション接合部の他の例は、噛み合う歯を特徴としない。幾つかの実施において、このようなトラクション接合部に沿った接触は、主として軸方向である。1つの代替案では、トラクション接合部は、剛直金属面間にある(鉄道の車輪とレールとの間で生じるような)金属-金属摩擦によってトラクションが可能となる。このレールは、相対圧力を上昇させるように斜めであってよく、中実の高摩擦材料、例えば弾性ゴム又はその他のエラストマで被覆されるか、幾つかの自動車用連続可変トランスミッションで使用されているような摩擦流体を利用してよい。レールは、ロータによってのみ機械的負荷を受けても、又は第二の機械的前負荷を含んでいてもよい。第二の機械的前負荷の場合、ステータとロータとの間のデルタ角は好ましくは10度より大きく、そうでなけれ

10

20

30

40

50

ば、前負荷のタイミングはステータのコイルとは独立して制御し、駆動しなければならない。

【0105】

次に、図4及び5を参照すると、各ステータ20a及び20bは、強磁性ステータコア28に関連付けられる個別に励起可能な巻線又はコイル群26を特徴とする。コア28は、例えば複数のステータ突出部を有してよく、これはステータヨーク又はバック鉄心から突出してよく、それによってステータのスロット及び磁極ができる。ステータコアは、1つの連続する材料によっても、又はモータへと組み立てられる個別のコンポーネントの組合せによってもよい。連続的材料はより高い寸法一貫性を提供するかもしれないが、他方で、ステータハウジングにより機械的整合状態に保持される個別のステータ磁極群によつて、効率的な製造及び組立が可能となるかもしれない。ステータ突出部の終端は、拡散していても、まっすぐであっても、又はステータの突出部及びバック鉄心又はヨークに関して下であってもよい。この例では、ステータ突出部はまっすぐであり、ヨークからエアギャップにおけるその遠位端へと一定の断面積を有する。

【0106】

この例におけるロータの外周面は円錐形に研削され、他方で、ロータの内面は概して円筒面を画定する。図4において、上側ロータ18aは、出力シャフト12に関して左に傾斜しているように示されており、他方で、下側ロータ18bは反対方向に傾いている。この位置で、ロータとステータ面との間のエアギャップ28は、図の中の各ロータの左側においてギャップの軸方向に長さに沿って概して一定の半径方向の幅を有し、他方で、各ロータの右側では、エアギャップはその長さに沿って変化し、ロータ間の空間に向かって減少する。ロータ18aの傾斜軸30は、出力シャフト12の静止した回転軸32に関して4.34度の角度をなす。ロータ18aが揺動して、ステータ20aの異なるコイル26に向かって累進的に傾くと、その傾斜軸30は、出力シャフト軸に沿った出力シャフトとロータ18aとの間のジンバル接続手段34の高さのAに頂点を有する円錐面を掃引する。図の傾斜位置では、ロータとステータとの間のエアギャップ磁気抵抗は、左側のコイル26において最小であり、右側のコイルで最大となる。左のギャップを横切って示される曲がった矢印は単純に、ステータの周囲でその位置のわずかに前にあるコイルが励起されて、ギャップを横切る磁束を発生させ、ステータの反対側のコイルは励起されないことを示しているにすぎない。後でさらに説明するように、これによってステータとロータとの間に圧縮波、すなわち前進する半径方向の圧縮力が作られ、ロータの揺動を起こさせる。図5に示される傾斜位置では、図4に示される位置から揺動サイクルの半分の位置にあり、ロータとステータとの間のエアギャップ磁気抵抗は右側のコイル26で最小であり、左側のコイルで最大である。ロータの傾斜は、各ステータのエンドキャップのテーパ状停止面36と隣接するロータのテーパ状エッジ面38との間の転動接触により限定される。

【0107】

前進する圧縮波とロータ揺動との間の関係は、図6に示される単純モデルに関して説明することができる。平坦ディスク40は、その一端が点Bで平面上に乗る剛直軸42に取り付けられる。ディスクと軸は、軸の端とディスクの縁により点B及びCにおいて平面上に支持される。ディスクは、Dのような、接触点C付近でディスク縁を押し下げることによって、平面上で転動させることができる。同じ効果は、ディスクの縁と平面との間の引力によって、Dにおいてディスクの縁を引き下げることによっても生じさせることができる。ディスクが転動を始めると、転動は、ディスクを平面向かって、常に瞬間的な接触点Cの少し先の地点において連続的に引き、接触点Bの軸42は静止したままにすることによって、無限に続けることができる。結果として得られる転動又は揺動は、例えば、子供のおもちゃのコマが、直立した回転を停止した後に受ける運動となるであろう。ディスクの縁は平面上で転動し、摺動しない。同様に、ステータの各コイルの励起によって、ロータを引っ張る局所的引力が発生する。最小半径方向エアギャップ地点の先頭側で（好ましくは、15～60度先）コイルを連続的に励起することによって、ロータは傾いているコマのように揺動させることができ、ステータのエンドキャップの停止面に当たって転動

10

20

30

40

50

する。しかしながら、図 6 の単純モデルの動作と図 4 及び 5 のモータの動作との間の重要な違いは、単純モデルにおいて、圧縮又は引力は、ディスクの縁と平面との間の、転動面そのものにより境界が定められるギャップを横切って発生する。ディスクが点 B の周囲で転動すると、ディスクの転動する縁と平面との間の距離は、ディスクの縁と平面との間の引き付け合いが作動する距離だけ変化する。このモデルでは、これらは同じである。

【 0 1 0 8 】

他方で、図 4 及び 5 のモータにおいて、ロータの転動面が揺動中に移動する距離は、基本的に軸方向であり、表面 3 6 及び 3 8 間の最大空間であり、これは有効エアギャップ幅が最小であるとき、例えば図 5 の右側で発生し、引き付け合う圧縮力が作動するギャップ（磁気エアギャップ）は基本的に半径方向である。これによって、揺動は、有効磁気エアギャップより転動インタフェースにおいてはるかに大きな変位の変化を生じさせる。この特定の例では、それによって、ロータも傾斜させることができ、転動接触点は常にロータの、圧縮波の反対側とすることができる。モータを、転動接触点と圧縮波が出力シャフト軸の概して反対側となるようにモータを構成することによって、相対的トラクション接合部ピッチ速度がより低速となるため、より小さいパッケージングとより高い切替周波数を実現できる。反対に、モータを転動接触点と圧縮波が出力シャフト軸の概して同じ側で前進するように構成することにより（図 2 0 及び 2 1 のモータの例の場合）、ジンバルを通じたねじり力成分を利用しなくてもよいという点で、有利な短い機械的負荷の経路が提供される。

【 0 1 0 9 】

再び図 4 及び 5 を参照すると、ロータのうちの一方向の質量加速度により生じる軸方向及び半径方向の慣性力は、2 つのロータの反対方向への揺動による他方のロータのそれらとバランスがとられる。揺動は事実上、ロータ間でモータを 2 等分する横平面に関して相互に対称である。2 つのロータの前進する磁気係合点は、現実的に相互に 1 0 度以内である。概してバランスがとれているものの、常に一方のロータにおいては、他方と比べてわずかな遅れがあり、電力用電子部品は常に、わずかに遅く移動するほうを加速させるようにする。ジンバル内の累積公差等により、最大 3 度の滑動が生じるかもしれない。

【 0 1 1 0 】

それぞれロータ 1 8 a 及び 1 8 b を出力シャフト 1 2 に接続するジンバル 3 4 a 及び 3 4 b は、典型的に 2 つのリングを有する交差軸ジンバルアセンブリであり、それによって揺動時に 3 6 0 度の自由な傾斜を可能にしながら、出力シャフト軸 3 2 の周囲でトルクを伝達する。必要な自由度を提供するために、出力シャフトはジンバルの内側リングに内側横ピン（これらの図では見えない）によって固定され、ジンバルの内側リングは、内側ピンと 9 0 度の角度で横ピンによりロータに固定される。固定されたコンポーネントは、注油される軸受け面上でピンの周囲で自由に回転する。

【 0 1 1 1 】

次に図 7 を参照すると、この例では、ステータエンドキャップのテーパ状の停止面 3 6 が、出力シャフト軸に対する垂線に関して 2 5 . 0 0 度のステータ円錐角 を画定し、ロータのテーパ状のエッジ面 3 8 はロータの傾斜軸に対する垂線に関して 2 2 . 8 3 度のロータ円錐角 を画定する。動作中のロータの傾斜はしたがって、+ / - 2 . 1 7 度であり、これは揺動中のロータとステータとの間の歯の係合のインデキシングを可能にするのにちょうど十分である。ロータとステータとの間のトラクション接合部の一部である歯の係合は、ロータ歯群 4 4 がステータ歯群 4 6 と噛み合うことを特徴とする。ステータに関するロータ（及びそれゆえ、出力シャフト）の回転前進を生じさせるために、ロータの周囲の歯の数は、ステータの周囲の歯の数とは異なり、それによって、ロータがその揺動中にステータの周囲で転動すると、ロータの回転インデキシングは、歯のピッチに歯の数の差を乗じたものと等しくなる。この例では、ステータエンドキャップは各々 5 9 の歯を有し、ロータは各々 6 0 の歯を有しており、すなわち、係合するステータエンドキャップより 1 本多い。換言すれば、ステータ磁極を逐次的に励磁し、圧縮波を発生させてモータの周囲での丸 1 回転を完了させると、ロータの 1 つの完全な揺動サイクルが起こり、出力シ

10

20

30

40

50

シャフトを歯 1 本分と等しい回転量だけ、すなわちこの例では 6 度だけ前進させる。

【 0 1 1 2 】

モータコントローラ電力用電子部品は、リラクタンスマータのようにステータコイルを連続して励磁するように構成できる。図 8 は、適当なモータコントローラの簡略図を示しており、プロセッサ 4 8 はスイッチ 5 0 を制御して、ステータ磁極 2 6 a、2 6 b、及び 2 6 c を逐次的に励起する。図 9 も参照すると、このような逐次的アクティベーションによって揺動を起こさせ、傾斜軸がモータを見下ろしたときにロータ軸の周囲で時計回り方向に前進することになる。シーケンスを逆転させると、反対方向への前進が起こり、すなわち、モータは何れの方法にも全負荷で駆動できることを意味する。図 8 には 3 つのスイッチだけが示されているが、モータコントローラは各ステータ磁極について 1 つのスイッチ、すなわち、図 9 のステータ配置に示される 2 4 のコイルを励起するための 2 4 のスイッチを有することになると理解されたい。再び図 5 を参照すると、2 つのロータの揺動は対称であるため、2 つのステータの回転整列される磁極ペアと一緒に励起させることができる。換言すれば、上側ステータの一番左に示される磁極 2 6 は、下側ステータの一番左に示される磁極 2 6 と同時に、同じ持続時間にわたって励起されることになる。2 つのステータの回転整列された磁極ペアはしたがって、同じスイッチを介して並行して励起できる。例えば、図 9 に示されるツインステータモータのためのモータコントローラは、合計 2 4 のスイッチを必要とすることになる。代替的に、隣接する磁極ペアは、共通のスイッチを介して直列に配線されてもよいが、このような場合、2 つの移動するロータのうち瞬間的に速い方は、わずかにより大きい逆 EMF を発生させ、より低速の磁極と比較して、瞬間的により多くの相対電力を引き出すことになり、それによってさらに加速度が付き、相対速度が分離される。それに対して、別のロータの隣接する磁極の並列配線は、並列揺動負荷により、ネガティブフィードバック機構を提供する可能性がある。その意味で、これはセルフバランシングと考えることができ、振動の可能性の低い、よりスムーズな出力トルクを生成することができる。

【 0 1 1 3 】

モータステータ磁極の何れにも電流が流れないと、理論上、ロータを所定の位置保持するための内部のモータ力がない。ステータ積層体又はコアは、適切な程度の残留磁気を有する強磁性材料から形成でき、それによってロータは最後に励起された磁極に最も引き付けられた状態に保持される。

【 0 1 1 4 】

次に、図 1 0 を参照すると、ロータのテーパ状のエッジ面 3 8 は円錐台形表面を画定し、それがロータの揺動中にステータのエンドキャップの、それと対になるテーパ状表面の周囲で転動する。この例において、接触面は、歯の反駆動側にあるが、他の例では、駆動側に位置付けることもでき、又は幾つかのケースでは、歯自体を、対になる歯のプロファイル自体がロータの傾きを限定するような「ゼロギャップ」転動用として設計することもできる。噛み合う歯は、ロータから出力シャフトへと伝達されるトルクに反応する役割を果たし、何れの適当なプロファイルとすることもできる。

【 0 1 1 5 】

再び図 7 を参照すると、前述のように、出力シャフト軸 3 2 上の、ロータがその上で旋回するジンバルの傾斜中心に対応する高さに頂点を有するロータの円錐角 を画定するのは、テーパ状のエッジ面 3 8 である。この頂点 E をロータの焦点と呼ぶ。モータ 1 0 は、ロータ軸 3 2 とエアギャップ 2 9 の名目上の半径方向位置との間の、約 7 5 mm の半径方向距離としての動作半径 R_w を有し、これは基本的にステータ磁極の内径の半分である。図のモータの名目上の全体的な直径は 2 5 cm である。鏡面 3 1 はモータを 2 つのロータ間の中央で二分し、各焦点 E から約 1 9 mm の距離だけ均等に離間される。2 つのロータ / ジンバルアセンブリは基本的に、鏡面に関して相互に対称である。ロータ焦点 E は、ロータジンバルアセンブリの中心軸上にロータの揺動運動の中心を確立することによって特定できる。幾何学的に、焦点はステータ及びロータ円錐の両方の頂点にある。これらの円錐の角度を使って、歯の大きさ、磁極が移動する角距離、磁極が移動する半径方向距離、

10

20

30

40

50

揺動運動、及び動作角度を含むモータの幾何学の物理的特徴の多くが導き出される。これらの幾何学的関係のほか、ギア比は、モータの全体的な幾何学を決定する上で重要である。

【0116】

各ロータの揺動により生じる、この図では図の左側のエアギャップを図の右側のエアギャップと比較することによってわかる、エアギャップの動的性質。前述のように、エアギャップはモータの動作中、ロータが中心軸の周囲でステータに関して揺動すると動的に変化する。動作中、最小の、すなわちロータがその閉位置にある時のエアギャップは、ステータとロータとの間の最大磁気整列が起こる地点である。この最小地点でのエアギャップは、名目上、横0.25mmであってよいが、交差平面にわたり変化してもよい。この最小エアギャップ位置において、ロータの、その円周位置の歯はステータのそれらと係合せず、その代わりに移行している。その瞬間に、その円周位置から180度離れた歯が係合し、エアギャップは最大位置にある。この最大の、すなわちロータがその開位置にある時のエアギャップは、ステータとロータの磁気整列が最小となる地点である。再び、この最大エアギャップ地点で、歯はトラクション接合部と係合する。この最大地点でのエアギャップは中心から中心が6.86mmであってよく、そのうちの1.0mmはロータとステータ間の半径方向の分離、6.60mmは縦方向のミスアラインメントである。ロータの積層体がエアギャップに面する歯を有する後述の実施形態の場合、これらのロータ積層体の歯は好ましくは最小エアギャップ位置にあるステータ磁極と整列し、最大エアギャップ位置では磁極とのミスアラインメントが最大となる。

10

【0117】

図11A～Cは、完全な1揺動サイクルから得られるロータ/シャフト回転を連続的に示す。図11Aから始まり、インデックスマーク60はロータ面上で、ステータエンドキャップの切断縁と整列した状態で示されている。ステータコイルは、圧縮波がステータの周囲で180度前進し、ロータ軸が同様な180度の揺動又は1揺動サイクルの半分を通じて傾斜するようなシーケンスでアクティベートされ、その後、図11Bのインデックスマークは、ロータが基本的に歯のピッチの半分に等しい分、すなわちこのケースでは約3度回転したことを示している。ステータコイルの全部がアクティベートされて、丸360度の圧縮波が作られ、ロータの完全な揺動が完了した後(図11C)、ロータと出力シャフトは全体で歯1本のピッチ、すなわち約6度の回転をなしている。1回の完全な揺動によって、ロータは例えば、図4に示される位置から図5に示される位置へと移動し、図4に示される位置に戻るようになる。

20

30

【0118】

電気モータは、動作中にかなりの熱を発生する可能性があり、冷却する必要がある。さらに、動作する機械的コンポーネント及び接触面にとって、特に高周波数での動作中には、能動的注油が有利となり得る。幾つかの用途に関して、例えば水とオイル等、別々の流体を冷却剤と注油にそれぞれ使用できる。また別の場合、オイル等の流体を冷却剤と注油の両方に使用できる。以下の説明の中で、流体は冷却剤、注油、又は必要に応じて両方を指す。

【0119】

次に、図12を参照すると、モータ14aは出力シャフトに沿って離間された2つのロータを有し、その各々がジンバルで取り付けられている。図12の断面図は、ジンバルアセンブリの一方を通しており、シャフト12aに取り付けられたジンバルスピンドル106を示す。スピンドル106は内側アクスルを画定し、そこに内側ジンバルリング110が取り付けられて、内側ジンバルリング110の中に固定された2つの内側ジンバル軸受け112a間で回転する。内側ジンバルリング110自体は、内側アクスルに対して垂直な外側アクスルを画定し、そこに外側ジンバルリング113が取り付けられて、外側ジンバルリング113の中に固定された2つの外側ジンバル軸受け112bの中で回転する。ジンバル軸受け112a、112bは、スピンドルリングの穴の中にロックリングによって固定され、例えば青銅やバビットメタル若しくはその他の滑り摩耗面、又はローラ要素を有することができる。

40

50

【 0 1 2 0 】

図 1 3 も参照すると、モータ 1 0 a は、モータ出力シャフト 1 2 a 内の穴 1 0 2 を通ってモータの中に送られる流体によって冷却及び注油される。この図では、左側のロータを通る断面は、図 1 2 の線 1 2 A - 1 2 A に沿って切断されており、右側のロータの断面は、左のロータのそれに関して 9 0 度である図 1 2 の線 1 2 B - 1 2 B に沿って切断されて、内側及び外側ジンバル軸受け 1 1 2 a、1 1 2 b の両方を示している。ジンバルアセンブリ内の軸受けの比較的高周波数の動作から、ジンバル軸受けの能動的注油は、出力シャフトにクロス穴を形成して、流体をクロス穴通路 1 0 4 を介してこれらの軸受けに供給することによって実現できる。ここで、ジンバルアセンブリの内側リング 1 1 0 には、ジンバルスピンドル 1 0 6 を通るオリフィス 1 0 8 によって直接流体を供給でき、他方で、ジンバルアセンブリの外側リング 1 1 3 には、内側ジンバルリングの外側のジンバル軸受けを通るオリフィス 1 1 4 から流体を供給できる。オリフィスは、高速での損失の原因となる流体の溜まりを防止するように定量型であってよい。ジンバル軸受けを通るアパーチャ 1 1 6 によって、ジンバルから出てステータ巻線に向かう半径方向の流れが可能となる。図 1 4 に示されるように、定量型オリフィスプラグ 1 1 8 が内側ジンバルリングの半径方向の流路 1 0 8 の駆動側の端で旋回して、流れの一部を交差経路 1 2 0 に沿って軸方向に案内して、歯車接合面 1 2 2 及びシャフト軸受け 1 2 4 に供給してよい。同様のプラグ（図示せず）を外側ジンバルリングのチャンネル 1 1 4（図 1 3）の出力端に提供してもよい。代替的に、又はそれに加えて、溝 1 2 4 によって流体を歯車接合面及び軸受けに出力シャフトから直接供給できる。シャフト軸受け 1 2 5 は、その反駆動側でシールされてよく、又は流れが軸受けを通り、サンプに戻れるようになっていてもよい。

10

20

【 0 1 2 1 】

再び図 1 3 を参照すると、出力シャフト 1 2 a を通って流される潤滑剤 / 冷却材流体はすべて、最終的に貯蔵部 1 2 6 へと排出され、これはモータの下面へと開き、構造的にステータハウジングの一部とすることができる。ポンプ 1 2 8 は流体 1 3 0 を貯蔵部から吸引して、流体の連続流を加圧された状態で出力シャフトの穴 1 0 2 へと送達する。

【 0 1 2 2 】

次に、図 1 5 を参照すると、モータ 1 0 b は 2 つの圧縮注油 / 冷却レーン 1 3 2 を有し、これはステータ端板に取り付けられており、歯車接合面へと向けられて、トラクション制御面を注油及び / 又は冷却するために流体のミスト又は流れを連続的に供給する一連のノズル 1 3 4 を画定する。レーン は、ポンプ（図示せず）によって供給され、流体は再循環される。ロータとステータとの間で転動する歯車接合面は、速度、トルク、及びパッケージングの制約の違いに合わせて調整できる。図 1 6 のモータ 1 0 b は例えば、図 4 のモータ 1 0 と同様であるが、ステータ及びロータ円錐角がそれぞれ 3 0 及び 2 8 度と、より高い。ステータ及びロータはまた、この例では歯の数がより少なく、それぞれ 5 9 及び 6 0 本であり、その結果、ある出力速度に対して電氣的サイクリング周波数が低くなる。円錐角がより高いことにより、また、ある出力速度におけるジンバル軸受け上の動的荷重も減少する。それに対して、図 1 7 のモータ 1 0 c のステータ及びロータ円錐角はそれぞれ 2 0 及び 1 8 度と、図 4 のモータ 1 0 より低い。この構成は、低 R P M の用途に特に好適である。それによって得られるステータアセンブリの全体の長さもまた、その結果として減少する。ロータの切替周波数及び動作中の傾斜エンベローブは、歯の数と円錐角に依存する。

30

40

【 0 1 2 3 】

転動するトラクション接合部と磁気インタフェースの相対位置は、様々であってよい。上述の図において、トラクション接合部は磁気インタフェースの、回転方向には駆動側、基本的に軸方向には反駆動側にある。図 1 8 及び 1 9 は、トラクション接合部 1 3 6 が半径方向に磁気インタフェース 1 3 8 の反駆動側にあり、軸方向にステータ磁極の反駆動側に位置付けられているモータ 1 0 d を示す。トラクション接合部の前進する係合点もまた、前進する最小エアギャップ位置と整列し、それによって負荷経路（ロータ上のトルク入力とトルク出力との間）は有利な点として、短く、ロータを横切らない。これによって、

50

ロータをより薄い壁厚とより軽量な材料で設計することが可能となり、ロータは重負荷を受けている間の変形により耐えられるようになるかもしれない。さらに、この設計によって歯車接触面積がより大きくなるかもしれない、その結果、ある電氣的活性化周波数について、歯車ピッチ速度がより高くなるのと引き換えに歯車の圧力が低くなる。

【0124】

図20及び21は、ステータハウジングにその縁において固定されたトラクションプレート140のそれぞれの側で、モータの軸方向に駆動側にあるステータトラクション面を有するモータ10eを示す。この設計により、ステータ端板の構造と加工が容易になる。トラクションプレートは、焼結鋼から、又は鍛造物として形成されてよい。両方のロータのトラクション接合部の前進する係合点は回転整列されるため、一方のロータによりトラクションプレートに加えらるる負荷の軸方向の成分はすべて、他方のロータからの同様の負荷とバランスがとられる。この設計は、負荷経路が短く、ピッチ速度が低い、高トルク動作に特に好適である可能性があり、2つの別々のステータトラクションプレートを取り付けることから生じる機械的冗長性が低減するかもしれない。

10

【0125】

次に、図22及び23を参照すると、モータ10fはアウトロータモータと歯車積層モータを兼ねている。アウトロータモータとは、各ステータ・ロータペア間の半径方向エアギャップがステータ磁極の半径方向の外側の面にあることを意味する。各ロータ200はカップ型で、対応するステータ202の周囲に延び、それは対応するクラムシェルハウジングカップ206の環状ボス204に押し嵌められる。各ハウジングボス204はステータ歯46を担持し、これはロータ歯44と噛み合う。各ロータのスカートは一連の歯204を担持し、これは半径方向に内側にステータの磁極208に向かって延び、有効エアギャップ29を画定する。ロータの有効ギャップ面をこのように構成することにより、幾つかの利点を提供できる。それは磁気回路の最大インダクタンスを低下させるかもしれない（活性ステータ磁極が隣接するロータ歯と整列しているとき）が、最小インダクタンスも低下させる（ステータ磁極208が隣接するロータ歯204間に位置するとき）。このモータから得られる利用可能な仕事は、最大及び最小インダクタンスの差によって異なるため、ロータ歯間の強磁性材料を取り除いても、インダクタンスの変化から得られる仕事をそれほど低減させないかもしれない。さらに、これは、ギャップ29における磁束経路に利用可能な表面積を有意に増大させるほか、軽量化することもできる。

20

30

【0126】

図24のモータ10gもまた、歯車積層ロータ220a及び220bを有しているが、図7のモータ10のそれと同様のインナロータ構成によるものである。このケースでは、ロータ歯204は半径方向に外側に面して、ステータの内面とエアギャップ29を画定する。図25に示されるように、ロータ積層歯204の数はロータ歯44の数と同じであり、これはステータ磁極222の数より1つ多い。この例において、60のステータ磁極と61の積層歯があり、それによって2、3、4、5、又はさらには6の磁極に均等に分けることができる。

【0127】

上述のモータの何れにおいても、隣接するステータ磁極群はモータの動作中、一緒に、同じ磁気の向きで作動させることができる。例えば、図25に示されるモータ10gにおいて、磁極220a、220b、及び220cの各々の周囲の巻線は、すべての巻線が同じ方向である1つの巻線群224を形成でき、磁極222d、222e、及び222fの各々の周囲の巻線は、共同で第二の巻線群226を形成できる。動作中、巻線群224のすべてを1つの電気スイッチに並列に配線でき、巻線群226のすべてを他の電気スイッチに並列に配線でき、それによって磁極群224が共同で動作し、磁極群226が共同で動作する。隣接する複数の磁極を同時に作動させることによって、最小インダクタンスを低下させ、利用可能な仕事を増大させることもできる。ある磁極群の各磁極をそれ自体のコイルで包囲する代わりに、1本のコイルをある群の磁極の全部の周囲に巻き回すことができる。もちろん、複数のステータ磁極を動作ユニットとしてともに結合する際、ステータ

40

50

タ磁極の総数は、各群の磁極の数の整数倍とすべきである。

【 0 1 2 8 】

モータの動作サイクル中のインダクタンスの最大の変化はまた、その他の構造変更によって、軸方向へのギャップ構造の有効な相対運動をさらに利用することによっても実現できる。図 2 6 のモータ 1 0 h は、図 2 2 のモータ 1 0 f と同様であるが、各ステータ磁極 2 2 8 が細分されて 3 つの磁極突出部 2 3 0 を形成し、これらは軸方向に離間され、共通の背部 2 3 2 によって接続されている点異なる。同様に、各ロータ歯 2 3 4 は細分されて軸方向に離間された 3 つの歯突出部 2 3 6 を形成する。最小ギャップ位置（図の左側）において、磁極突出部は歯突出部と軸方向に整列される。最大ギャップ位置（図の右側）では、歯突出部は概して、磁極突出部との最大ミスアラインメントであり、これはインダクタンスを大きく低下させる。この例は 3 つの歯突出部及び 3 つの磁極突出部を有し、歯突出部間及び磁極突出部間の軸方向の空間は、中央の歯突出部及び中央の磁極突出部と基本的に同じ軸方向の寸法を有しているが、各ロータ歯及び各磁極突出部の 2 若しくは 4、又はそれより多い突出部を有するその他の例も想定される。好ましくは、各磁極の突出部の数は、各積層歯の突出部の数と等しい。

10

【 0 1 2 9 】

図 2 6 の分割磁極 / 歯構成は、揺動ロータ式モータでは、磁気ギャップと接するロータ構造が磁気キャップと接するステータ構造に関して移動する距離は、揺動によって生じる半径方向の変位のみより大きいことを利用するのに役立つ。図 2 7 を参照すると、点「F」はロータの最小ギャップ位置におけるロータ歯 2 0 4 の基準点を表し、点「G」はロータの次の最大ギャップ位置における（すなわち、1 / 2 揺動サイクル後の）ロータ歯の同じ点を表す。線分 F G の長さは、半サイクル中に移動した距離の総計を表し、軸方向の変位 2 4 0、半径方向の変位 2 4 2、及び接線方向の変位 2 4 4 のコンプレッションである。ロータ歯及び磁極の軸方向の細分は、揺動中のロータ歯の軸方向の変位 2 4 0 を利用するのを助ける。

20

【 0 1 3 0 】

上述のモータの何れも、動的エネルギーから電気エネルギーを発生させるように制御できる（例えばモータを回生制動させるため）。これは、圧縮波のタイミングを交互にして、ステータの電流が最小エアギャップの地点で（又は、最小エアギャップの地点からわずかに遅れて）パルスを打ち、拡張中に順方向 E M F を発生させるようにすることによって実現されてよい。このようにして、電流を発生させ、関連するバッテリーに貯蔵されるように案内することができ、その間に減速トルクがロータに印加されて、モータが低速化されるが、モータは出力シャフトに印加されるトルクによって機械的に逆駆動不可である。

30

【 0 1 3 1 】

強磁性化合物を産生するかもしれない磁性流体等の強磁性潤滑剤、コバルトめっき等の強磁性表面コーティング、又はハウ化処理等の表面処理は、転動摩擦を減少させ、表面硬度を高めるために使用されてよい。硬質強磁性コーティングはまた、低表面粗さ、機械的研磨、及びより低い比較的摩擦の大きい動作もサポートしてよい。これらの材料は、従来の方法を使ってシステムを被覆し、又はそれに添加されてよい。

【 0 1 3 2 】

モータ設計のその他の技術的詳細は、2017年8月8日に出願された、“High Torque Density Electric Motor and/or Generator”と題する係属中の特許出願第 1 5 / 5 4 9 , 6 5 9 号に記載されており、その内容を、参照することにより、全文が記載されているかのように本願に援用する。

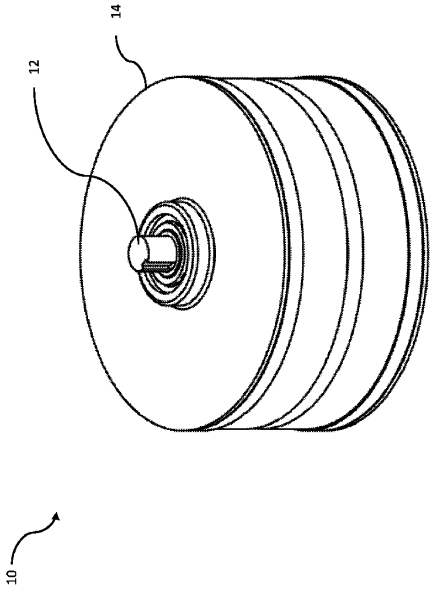
40

【 0 1 3 3 】

幾つかの例を例示の目的で説明されているが、上記の説明は、付属の特許請求の範囲により定義される本発明の範囲を限定しようとするものではない。現在及び将来、以下の特許請求の範囲内の他の例や改良がある。

50

【図面】
【図 1】



【図 2】

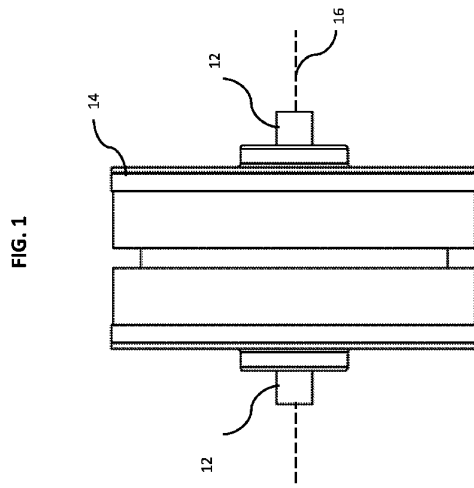


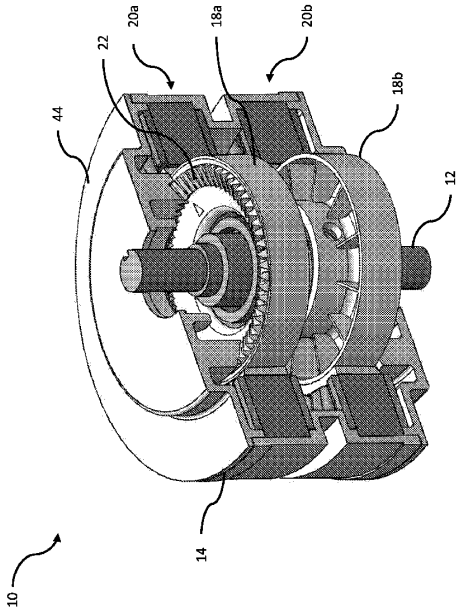
FIG. 1

FIG. 2

10

20

【図 3】



【図 4】

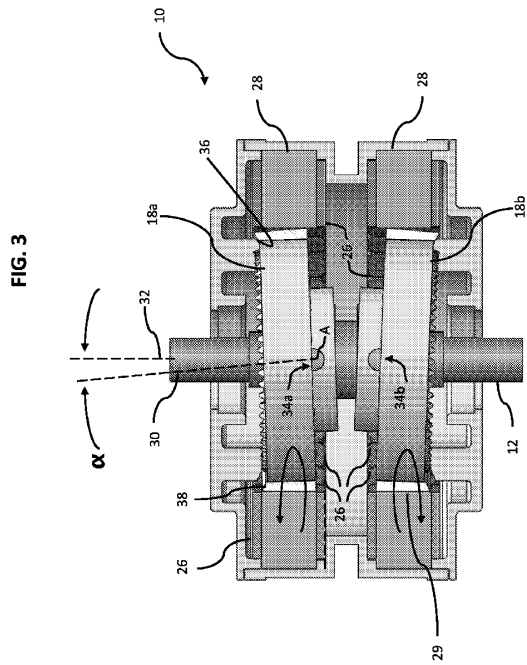


FIG. 3

FIG. 4

30

40

50

【 図 5 】

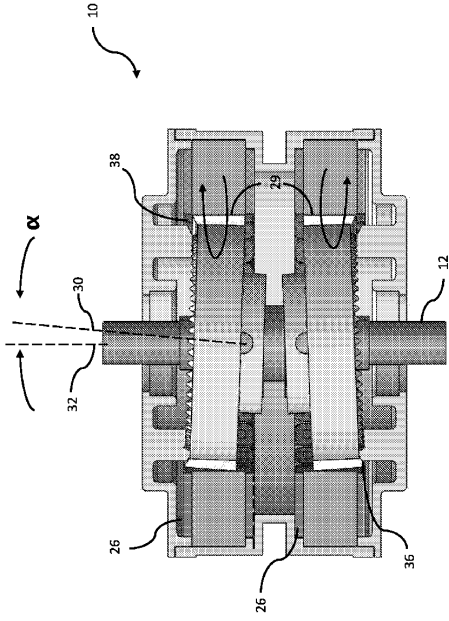


FIG. 5

【 図 6 】

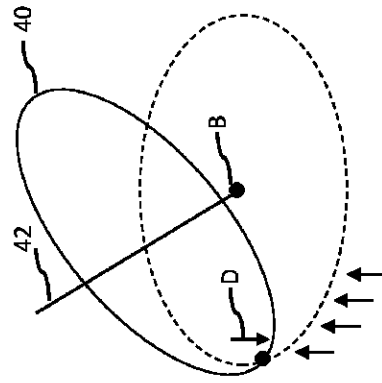


FIG. 6

【 図 7 】

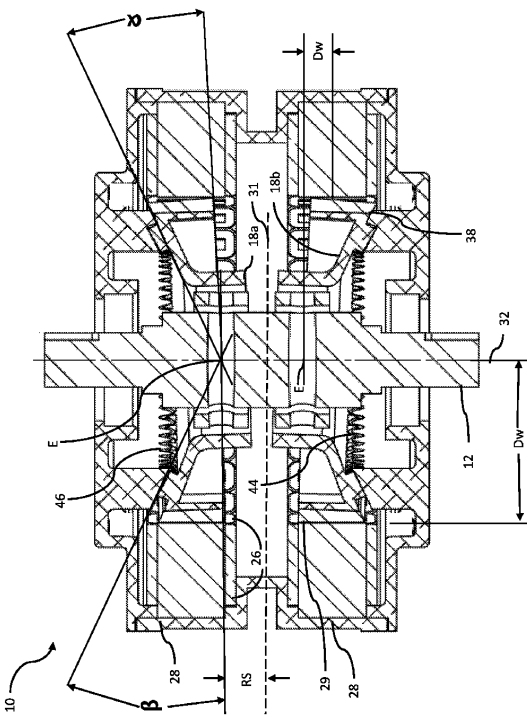


FIG. 7

【 図 8 】

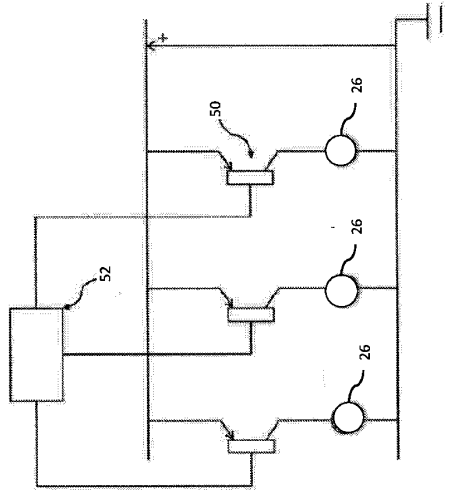


FIG. 8

10

20

30

40

50

【 図 9 】

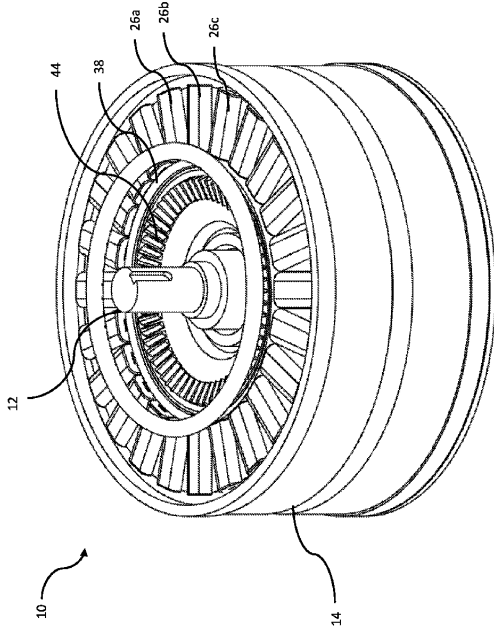


FIG. 9

【 図 10 】

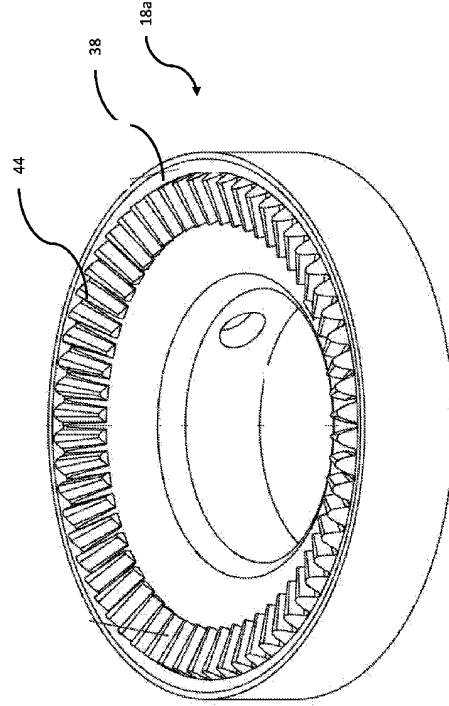


FIG. 10

【 図 11 A 】

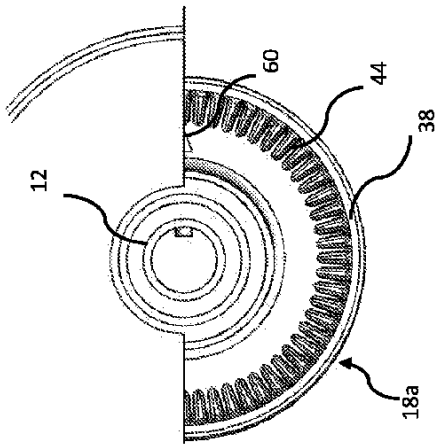


FIG. 11A

【 図 11 B 】

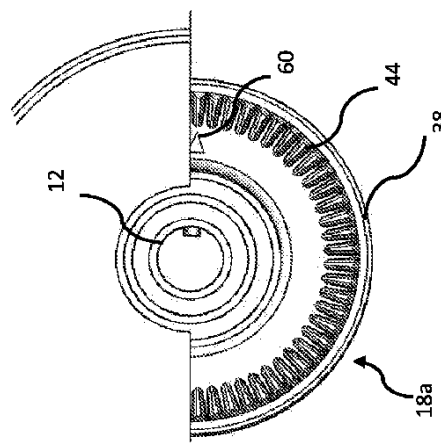


FIG. 11B

10

20

30

40

50

【 1 1 C 】

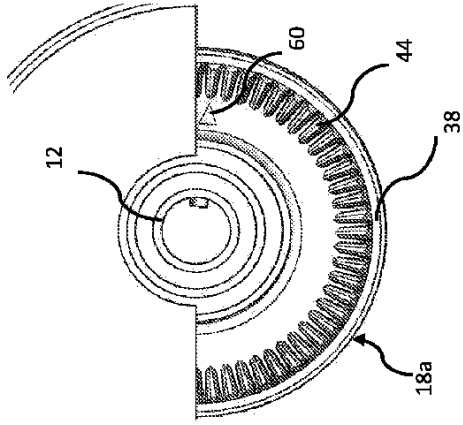


FIG. 11C

【 1 2 】

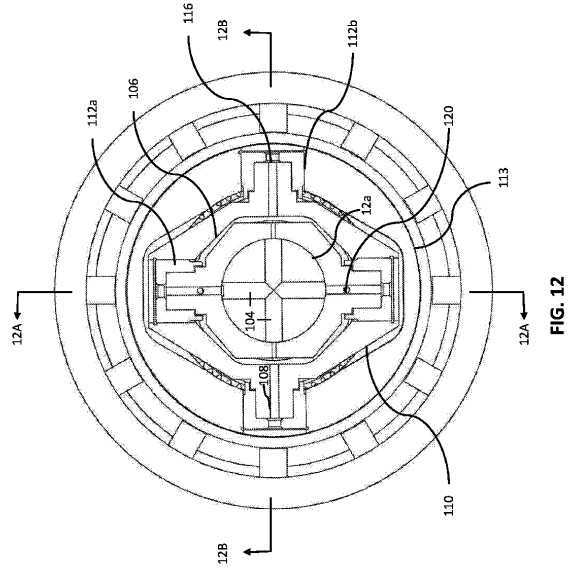


FIG. 12

10

【 1 3 】

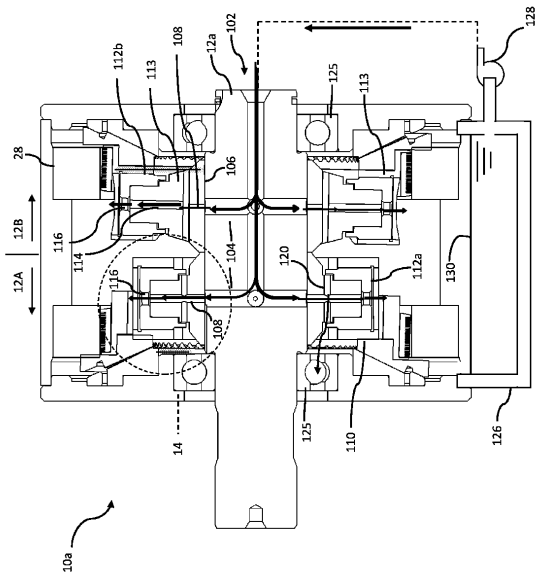


FIG. 13

【 1 4 】

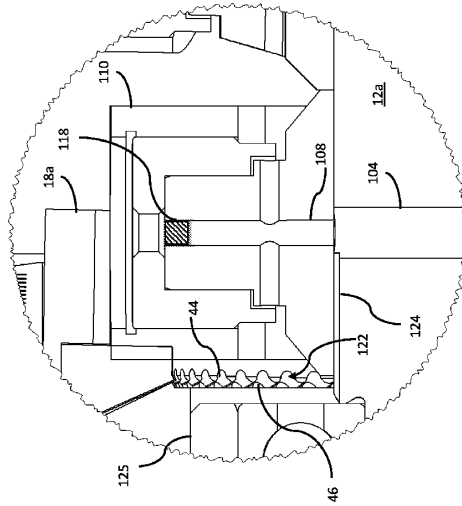


FIG. 14

20

30

40

50

【 15 】

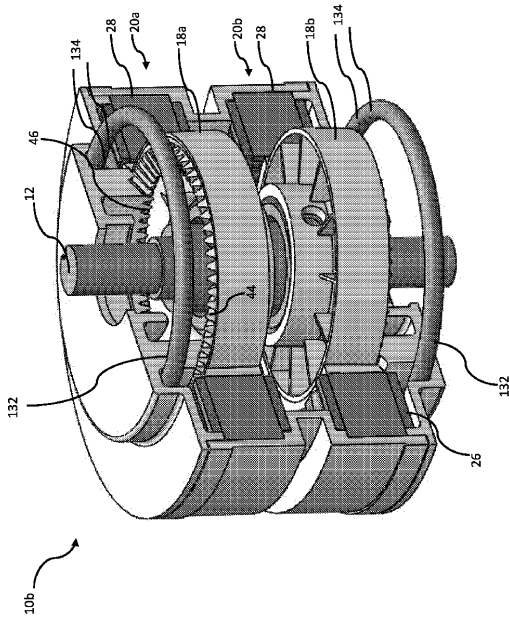


FIG. 15

【 16 】

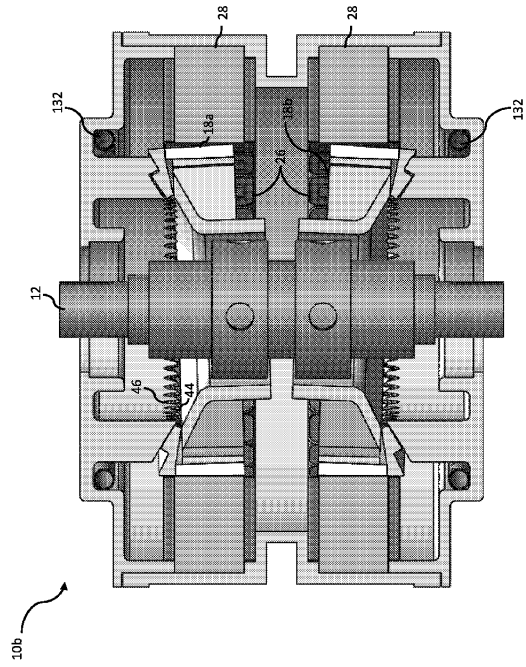


FIG. 16

10

20

【 17 】

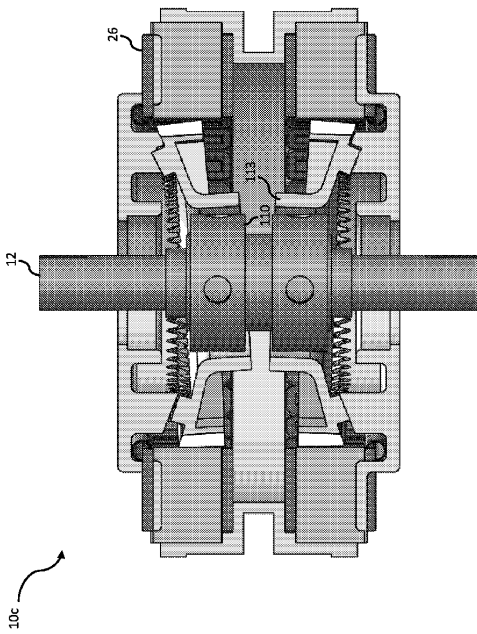


FIG. 17

【 18 】

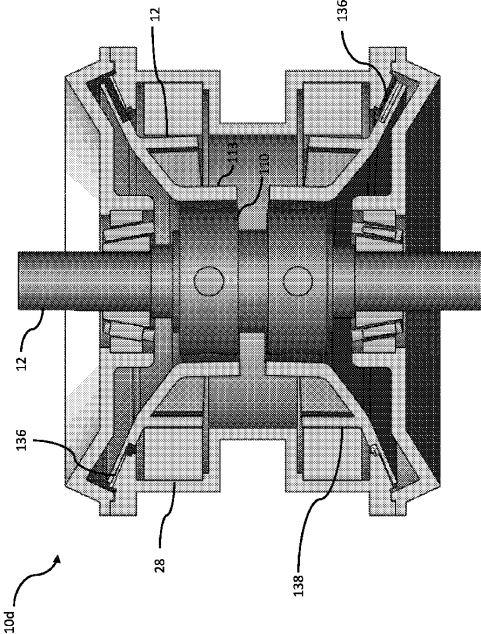


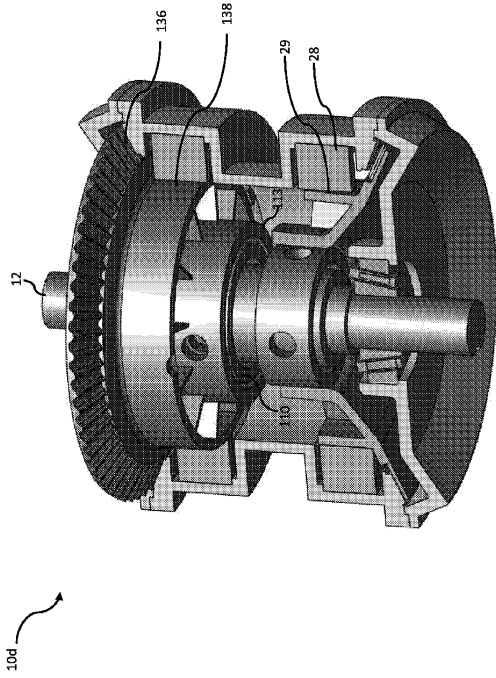
FIG. 18

30

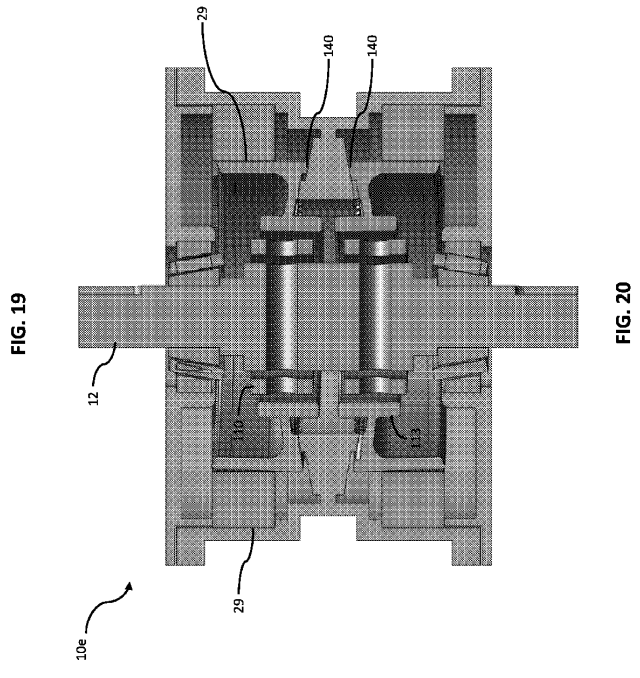
40

50

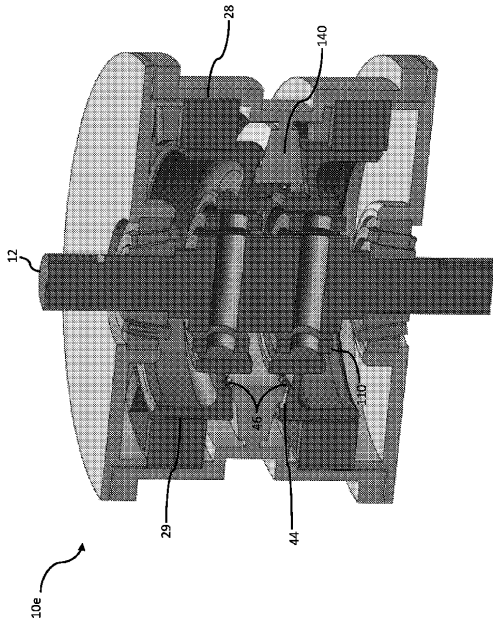
【 図 19 】



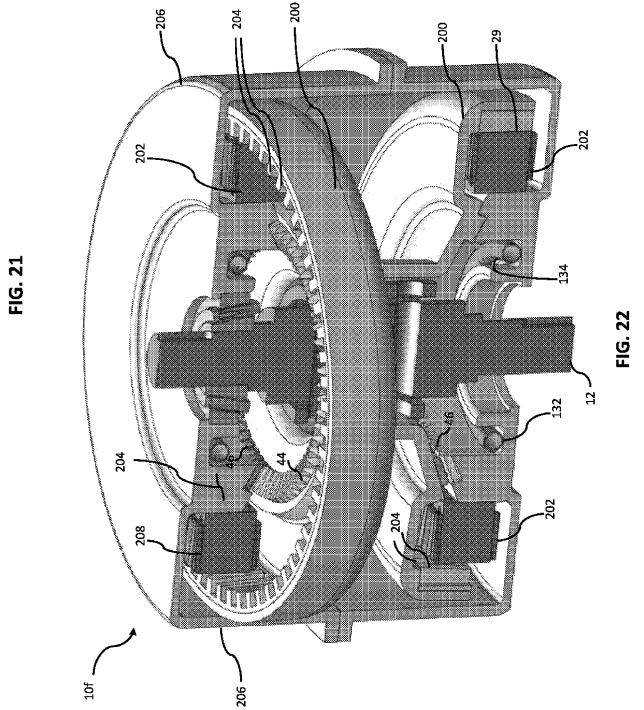
【 図 20 】



【 図 21 】



【 図 22 】



10

20

30

40

50

【 2 3 】

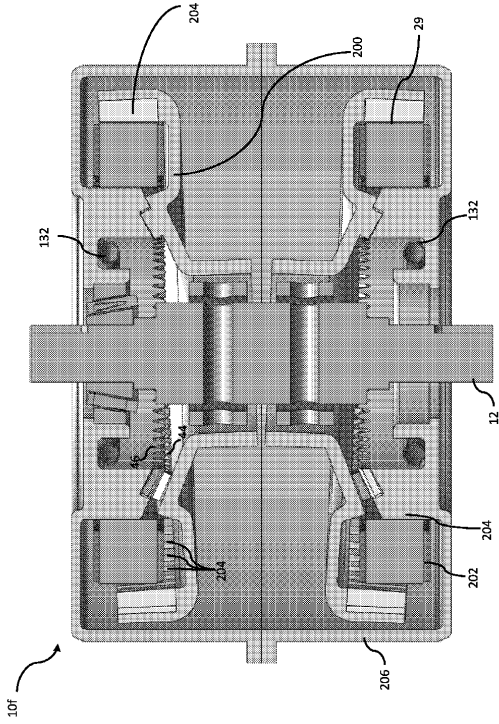


FIG. 23

【 2 4 】

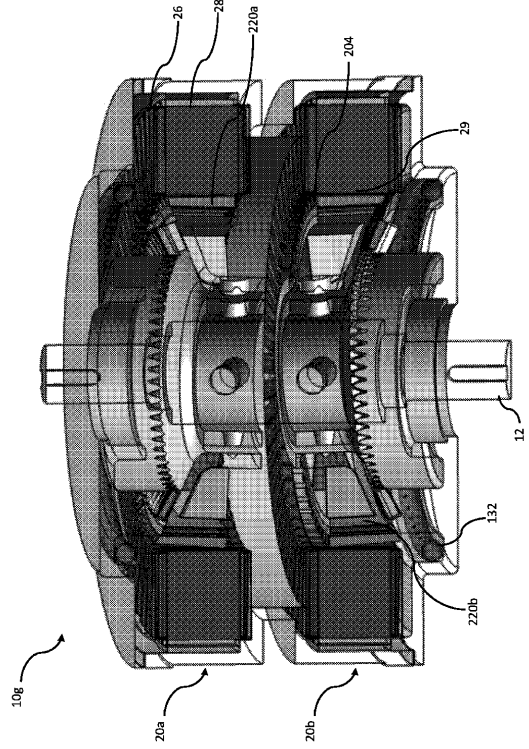


FIG. 24

【 2 5 】

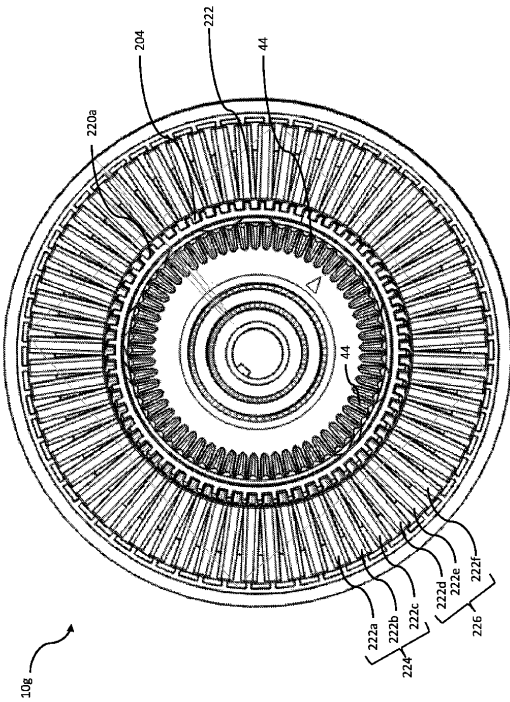


FIG. 25

【 2 6 】

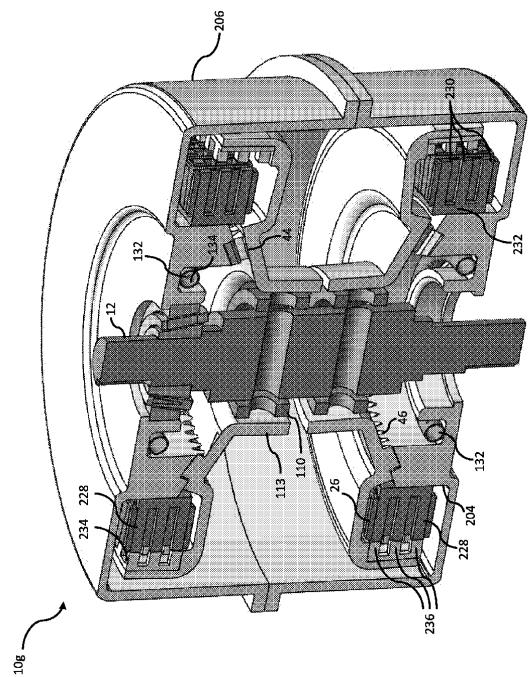


FIG. 26

10

20

30

40

50

【 27 】

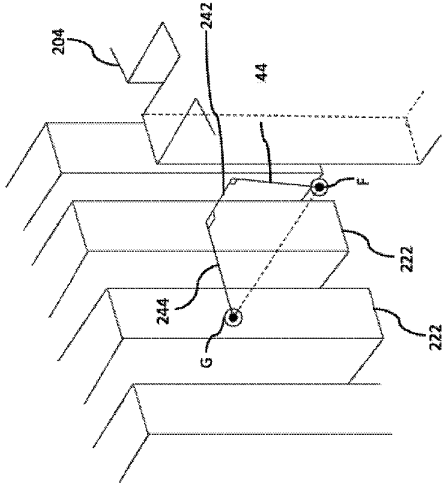


FIG. 27

10

20

30

40

50

フロントページの続き

米国(US)

254, インディアナポリス, ペニントン コート 4749

(72)発明者 ペニントン, ウォルター ウェスリー, サード

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94025, メンロー パーク, ブレイク ストリート 440

(72)発明者 アンブレクト, アダム ダニエル

アメリカ合衆国, ジョージア州 30152, ケネソー, エクター プレイス 2124

(72)発明者 スティーブンソン, グレゴリー ゴードン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94065, レッドウッド シティ, ペリカン レーン 31

合議体

審判長 小宮 慎司

審判官 中野 浩昌

審判官 緑川 隆

(56)参考文献 特開昭61-22752(JP, A)

特開2015-142454(JP, A)

実開平2-104782(JP, U)

特開2004-353780(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H02K7/116

H02K16/00

H02K19/10