

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6579522号
(P6579522)

(45) 発行日 令和1年9月25日(2019.9.25)

(24) 登録日 令和1年9月6日(2019.9.6)

(51) Int.Cl.	F 1
HO2K 5/20 (2006.01)	HO2K 5/20
HO2K 3/34 (2006.01)	HO2K 3/34
HO2K 1/32 (2006.01)	HO2K 1/32

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-60960 (P2017-60960)
 (22) 出願日 平成29年3月27日 (2017.3.27)
 (65) 公開番号 特開2018-164373 (P2018-164373A)
 (43) 公開日 平成30年10月18日 (2018.10.18)
 審査請求日 平成30年9月3日 (2018.9.3)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 513062010
 株式会社エムリンク
 神奈川県大和市中央林間三丁目28番22号
 (74) 代理人 110000316
 特許業務法人ピー・エス・ディ
 (72) 発明者 白木 学
 神奈川県大和市中央林間1-5-7 株式会社エムリンク内
 (72) 発明者 大桃 修一
 神奈川県大和市中央林間1-5-7 株式会社エムリンク内

審査官 三島木 英宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】無鉄心の円筒コイルを備えた固定子を含むブラシレス回転電気機械の冷却補助具および冷却補助具が装着された無鉄心の円筒コイルを備えた固定子を含むブラシレス回転電気機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固定子と回転子とを備える回転電気機械の前記回転子に嵌装固定される、円環で構成された冷却補助具であって、

前記回転電気機械は、前記回転子の円周に複数の排気孔が穿設されており、

前記冷却補助具は、前記複数の排気孔に対応する複数の放射状の連通口を有し、前記円周の位置において前記回転子の外周側に嵌装固定されることを特徴とする冷却補助具。

【請求項 2】

前記冷却補助具は、前記外側円筒空路形成体に着脱自在に嵌装固定されるように、樹脂製リングからなる円環で構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の冷却補助具。

【請求項 3】

前記連通口の内径は前記排気孔の内径以上であり、かつ、前記連通口の長さは前記排気孔の長さ以上であることを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載の冷却補助具。

【請求項 4】

無鉄心の円筒コイルを有する固定子と、前記固定子に対向するように配置された、底部と内側円筒空路形成体および外側円筒空路形成体と回転軸とを有する回転子と、を備えた回転電気機械であって、

前記底部は、前記底部と前記内側円筒空路形成体とで形成される空間に外気を取り入れるための複数の吸気孔を有し、

前記固定子は、前記回転軸を回転自在に支持し、

10

20

前記内側円筒空路形成体と前記外側円筒空路形成体との間に形成されるエアギャップには、前記円筒コイルが配置され、かつ、前記回転子には、複数のマグネットが前記エアギャップに露出するように装備され、

前記外側円筒空路形成体の、前記内側円筒空路形成体と前記外側円筒空路形成体とを接続する接続部に近接する円周に、前記エアギャップに通じる複数の排気孔が穿設され、

前記排気孔に対応する複数の放射状の連通口が設けられた円環からなる冷却補助具が、前記排気孔の位置に前記連通口の位置を一致するように前記外側円筒空路形成体の外周側に嵌装固定されていることを特徴とする回転電気機械。

【請求項 5】

前記冷却補助具は、樹脂製であり、前記外側円筒空路形成体に着脱自在に嵌装固定されることを特徴とする請求項 4 に記載の回転電気機械。 10

【請求項 6】

前記連通口の内径は前記排気孔の内径以上であり、かつ、前記連通口の長さは前記排気孔の長さ以上であることを特徴とする請求項 4 または 5 のいずれかに記載の回転電気機械。 15

【請求項 7】

通電可能な無鉄心の円筒コイル、および、前記円筒コイルの一方の端面が固定されて中心部に駆動シャフトが回転自在に連結されている蓋型マウントを有する固定子と、

前記駆動シャフトが中心部に連結固定されて前記蓋型マウントに對向するように配置されている、底部と内側円筒空路形成体および外側円筒空路形成体とを有するカップ型マウント、および、前記外側円筒空路形成体の内周面および/または前記内側円筒空路形成体の外周面に配備されている複数のマグネットを有する回転子と、 20

を含み、

前記カップ型マウントは、前記内側円筒空路形成体と前記外側円筒空路形成体との間に第 1 空隙のエアギャップが形成されており、前記エアギャップに、前記複数のマグネットが露出するように配備され、前記円筒コイルの他方の端面が前記内側円筒空路形成体と外側円筒空路形成体とを接続する接続部との間で隙間を残して前記円筒コイルを浮かせた状態で配置され、前記カップ型マウントの開放端面と前記蓋型マウントとの間に前記円筒コイルの内側に位置する空間の第 2 空隙、および、前記円筒コイルの外側に位置する外気に通じる第 3 空隙を有する無鉄心の円筒コイルを備えた固定子を含むブラシレス回転電気機械であって、 30

前記カップ型マウントは、前記底部に前記第 2 空隙に通じる吸気孔を有し、前記外側円筒空路形成体の前記接続部に近接する円周に前記エアギャップに通じる複数の排気孔が穿設され、前記排気孔に対応する複数の放射状の連通口を設けた円環で構成する冷却補助具が、前記連通口の位置を前記排気孔の位置に一致させて前記外側円筒空路形成体の外周側に嵌装固定されており、

前記回転子の回転により発生する前記回転子の周囲の圧力差によって、前記吸気孔から前記第 2 空隙に引き込まれた外気および前記第 3 空隙から前記エアギャップに引き込まれた外気は、前記エアギャップ内を流通し、前記エアギャップに露出するように配備された前記複数のマグネットおよび前記エアギャップに配置されている前記円筒コイルの両面を冷却し、前記外側円筒空路形成体の前記排気孔を介し、前記冷却補助具の前記連通口を経由し、外部に排出されたことを特徴とする無鉄心の円筒コイルを備えた固定子を含むブラシレス回転電気機械。 40

【請求項 8】

前記冷却補助具は、樹脂製であり、前記外側円筒空路形成体に着脱自在に嵌装固定されることを特徴とする請求項 7 に記載の回転電気機械。

【請求項 9】

前記連通口の内径は前記排気孔の内径以上であり、かつ、前記連通口の長さは前記排気孔の長さ以上であることを特徴とする請求項 7 または 8 のいずれかに記載の回転電気機械。 50

【請求項 10】

前記円筒コイルは、円筒の軸方向に離間された複数の線状部を有する導電性金属シートの複数で構成された積層体構造を有する円筒形であって、前記導電性金属シートの各々の前記線状部が絶縁層で覆われていることを特徴とする請求項4から9のいずれかに記載の無鉄心の円筒コイルを備えた固定子を含むブラシレス回転電気機械。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、無鉄心の円筒コイルを備えた固定子を含むブラシレス回転電気機械の冷却補助具および冷却補助具が装備された無鉄心の円筒コイルを備えた固定子を含むブラシレス回転電気機械に関する。より具体的には、本発明は、底部と内側円筒空路形成体および外側円筒空路形成体と複数のマグネットとを有する回転子と、回転子に対向するように配備される無鉄心の円筒コイルが固定された固定子とからなるブラシレス回転電気機械の冷却補助具、あるいは、冷却補助具が装着された無鉄心の円筒コイルを備えた固定子を含むブラシレス回転電気機械に関する。

10

【背景技術】**【0003】**

電動モータと発電機は同じ構造を有する回転電気機械である。回転電気機械について、電気エネルギーを機械エネルギーに変換する電動モータを用いて説明する。電動モータは、磁界と電流の相互作用で発生する電磁力を出力させるものである。分類方法はさまざまであるが、大きくはブラシ付きのDCモータとブラシレスモータに区分され、前者は磁石を固定子(ステータ)に、コイルを回転子(ロータ)とし、後者は逆にコイルを固定子(ステータ)に、磁石を回転子(ロータ)としており、いずれも回転子より外部へ電磁力を出力するものである。一方磁界発生方法の違いにより巻線界磁型と永久磁石界磁型にも区分され、コイルに鉄心(コア)が有るものとないもの(コアレス)にも区分される。上記区分からすると、永久磁石界磁型の無鉄心(コアレス)の円筒コイルを含むブラシレスモータが本発明の対象になる。

20

したがって、本発明の「無鉄心の円筒コイルを備えた固定子を含むブラシレス回転電気機械」は、以下において、「コアレス・ブラシレスモータ」として説明される。

【0008】

30

特開2012-16218号公報(特許文献1)または特開2012-30786公報(特許文献2)には、通電可能な無鉄心の円筒コイルを用いたホイールインモータが記載されている。まず、特許文献1には電動モータを作動させるときに発生する熱を冷却することについての記載は全くない。またそれを想定したものでもない。一方、特許文献2には、回転子のインナーヨークの内周面に形成される空間にインナーヨークに固定するブレーキ手段をさらに含み、アウターヨークに固定されたホイールの端面を固定子に対して開放し、インナーヨークの内周面に形成された空間を外気と連通させる通気孔が示されているが、回転子の周囲に圧力差を発生する構成は記載されていない。単に外気に通じる通気孔にすぎず、ブレーキ手段による摩擦熱を外部に逃がすためのものと考えられる。いずれも本発明のコアレス・ブラシレスモータおよびその冷却方法とは関係のないホイールインモータに関するものである。

40

【0009】

特許2657192号明細書(特許文献3)には、リニア直流ブラシレスモータが記載されており、固定電機子にエアー供給通路が穿設され「エアー供給通路から電機子コイルにエアーを直接吹き付け、電機子コイルを冷却すると共にマグネットヨークに対するステータヨーク自体も冷却する構成」を有する。ただし、エアー供給を回転子の周囲に発生する負圧によるのではない。

【0010】

特開2006-246678号公報(特許文献4)には、アウターロータ型のホイールインモータが記載されている。この電動モータは中空車軸にステータ側6極、ロータ側

50

4極の突極コアで構成されたSRモータにおいて、ステータ側6極に装着された導線が何層にも巻回形成されたコイルの冷却方法が記載されている。冷却方法は、中空車軸に流入通路と排気通路とを隔壁を介して設けてコイル表面上に空気を流通させた後に、該空気をステータ外に排気するものであり、空気は何層にも巻回形成された導線の露出面をなぞるだけであり、導線が巻回形成されたコイル内部の蓄熱を冷却することはできない。

【0011】

特許第3494056号公報（特許文献5）に記載されている、環状のステータコアに何層にも巻回形成された導線からなるコイルを巻装した固定子と、該固定子の外周を覆う筒部の内周面に永久磁石を支持させたアウターヨークからなる回転子とから構成されたアウターロータ型磁石発電機は、本発明の無鉄心の円筒コイルを含むプラシレスモータではない。この電動モータは、回転軸に回転自在に連結されたステータを支持するプレートに通風口を設け、ステータコアに導線が何層にも巻回されたコイルの表面および永久磁石を冷却するため、ロータの底部に設けた通風口と連通させ、該ロータを回転させてプレートの通風口から空気を吸入させ、回転子の通風口から吸出し、これをさらにロータの筒部に吹き付けて冷却する方法が記載されている。しかしながら、アウターロータ型磁石発電機において、導線が何層にも巻回されたコイル内部の蓄熱まで冷却することはできない。これはまた、本発明のコアレス・プラシレスモータではない。

【0012】

実開平5-22133号公報（特許文献6）には、電気自動車用のアウターロータ型ホイールインモータの内部を強制的に冷却する方法が記載されているが、本発明の回転子周囲の発生する負圧で外気を取り込むようにしたコアレス・プラシレスモータではない。

【0013】

特許第2831348号公報（特許文献7）には、ハウジング内に冷却ガス媒体を供給するようにした電磁変換機が記載されているが、冷却ガス媒体のハウジング内への供給は、プロアにより強制的に供給されるものであり、本発明の回転子周囲の発生する負圧で外気を取り込むようにしたコアレス・プラシレスモータではない。

【0014】

特許第3704044号公報（特許文献8）には、長手方向に離間された複数の線状部を有する導電性金属シートからなる積層体構造を有する円筒形であって導電性金属シートの各々の線状部が絶縁層で覆われている通電可能な無鉄心の円筒コイルを用いたプラシレスモータが記載されているが、エアギャップに浮かせた状態で配置される円筒コイルや露出している複数のマグネットを冷却する方法も冷却手段についても全く想定されておらず、それについての記載は一切ない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】特開2012-16218号公報

【特許文献2】特開2012-30786号公報

【特許文献3】特許第2657192号公報

【特許文献4】特開2006-246678号公報

【特許文献5】特許第3494056号公報

【特許文献6】実開平5-22133号公報

【特許文献7】特許第2831348号公報

【特許文献8】特許第3704044号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

通電可能な無鉄心の円筒コイルと該円筒コイルの一方の端面が固定されている固定子に対し、底部と内側円筒空路形成体および外側円筒空路形成体とで円筒コイルが配置されるエアギャップを形成し、エアギャップ内に露出するように配備される複数のマグネットと

10

20

30

40

50

を有する回転子が対向するように配備され、回転子の開放端面と固定子との間に閉鎖された円筒コイルの内側に位置する第2空隙と外気と接する円筒コイルの外側に位置する第3空隙とが形成されるように構成されたコアレス・ブラシレスモータにおいて、円筒コイルの銅損および導体に生じる渦電流に起因する発熱によるモータ内部の温度上昇は、こうしたコアレス・ブラシレスモータの効率を劣化させる技術的課題として認識されており、そのため、これまで様々な提案がなされてきたが、いずれの提案も作用効果に限界があり、抜本的な課題解決には至っていない。本発明者らはこうした技術的課題に挑戦し、本発明のコアレス・ブラシレスモータを開発するに至った。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明の技術的課題は、底部と内側円筒空路形成体および外側円筒空路形成体と複数のマグネットとを有する回転子と、回転子に対向するように配備される通電可能な無鉄心の円筒コイルが固定された固定子とからなる、底部と内側円筒空路形成体とで形成される空間に外気を取り入れるように底部に複数の吸気孔が形成され、前記空間と連通する、内側円筒空路形成体と外側円筒空路形成体とからなるエアギャップに通じる複数の排気孔が外側円筒空路形成体の底部に近接する円周に帯状に穿設されたコアレス・ブラシレスモータにおける外側円筒空路形成体の底部に近接する円周に嵌装固定される円環からなる冷却補助具であって、外側円筒空路形成体に穿設された排気孔に一致するように設けられた複数の放射状の連通口を有することを特徴とする冷却補助具、および、前記冷却補助具が外側円筒空路形成体に嵌装固定されたコアレス・ブラシレスモータによって解決することができた。

【0018】

本発明は以下のような特徴を有する。無鉄心の円筒コイルに通電すると回転子が作動する。それにより、永久磁石界磁型のコアレス・ブラシレスモータが始動し、回転子の回転により回転子周囲に圧力差が発生する。発生する圧力差によって回転子の底部の吸気孔から底部と内側円筒空路形成体とで形成される円筒コイルの内側の第2空隙または空間に外気が引き込まれる。それと同時に、回転子の解放端と固定子とで形成される第3空隙からエアギャップの円筒コイルの外側に外気が引き込まれる。

【0019】

ところで、回転子底部に吸気孔が設けられていないと、外気はコアレス・ブラシレスモータにどのように作用するだろうか。回転子周囲に発生する圧力差によって、瞬間に第3空隙のみから外気が吸引される。しかし、吸引された外気は外部に排出される出口がないため、回転子周囲の圧力差は瞬時に消滅して外気圧と均衡すると考えられる。そのため、モータ内部に外気の流れが生じることはなく、内部は外気との温度差による冷却のみになる。

【0020】

ところが本発明によると、回転子周囲に発生する圧力差によって第2空隙または円筒コイルの内側空間に引き込まれた外気は、エアギャップに配置されている円筒コイルの内側を流通して円筒コイルの内面を冷却する。また第3空隙から円筒コイルの外側に引き込まれた外気は、円筒コイルの外側を流通して円筒コイルの外面を冷却する。引き込まれたこれらの外気は、エアギャップに露出するように装備された複数のマグネットおよびエアギャップに配置されている円筒コイルの両面を冷却し、流通した後に、回転子の外側円筒空路形成体の排気孔を介し、冷却補助具の連通口を経由し、外部に排出される。

【0021】

本発明のコアレス・ブラシレスモータが始動すると、回転子の底部の吸気孔と、外側円筒空路形成体の排気孔と、冷却補助具の連通口とが連動し、回転子周囲に圧力差を発生させ、それにより、吸気孔および第3空隙から外気を取り込み、取り込まれた外気はエアギャップ内を流通し、冷却し、しかる後に排気孔を介し連通口を経由して外部に排出されるように、動作する。

【0022】

10

20

30

40

50

技術的観点から興味深いことは、第3空隙の働きにある。回転子の底部に吸気孔を有するが外側円筒空路形成体の円周に排気孔を有しない回転子からなるコアレス・ブラシレスモータを作動すると、第3空隙は排気孔として働く。具体的には、回転子周囲の圧力差によって、回転子底部の吸気孔から内側円筒空路形成体の内側空間または第2空隙に引き込まれた外気は、エアギャップに配置されている円筒コイルの内側を通り外側を経由して第3空隙から排出されるためである。ところが、外側円筒空路形成体の底部に近い円周にエアギャップに通じる排気孔が穿設されると、回転子周囲の圧力差は、吸気孔から内側円筒空路形成体の内側空間または第2空隙に外気を引き込むと同時に、第3空隙からも外気を排気孔に向けてエアギャップ内に引き込む。すなわち第3空隙は吸気孔として働くように機能を変化させることになる。

10

【0023】

本発明の第1の態様は、図1および図2に示されるように、底部420と内側円筒空路形成体500および外側円筒空路形成体600と複数のマグネットとを有する回転子3と、回転子3に対向するように配備される通電可能な無鉄心の円筒コイル200が固定された固定子2からなる、底部420と内側円筒空路形成体500とで形成される空間540に外気を取り入れよう底部420に複数の吸気孔430が形成され、空間540と連通する、内側円筒空路形成体500と外側円筒空路形成体600とからなるエアギャップ40に通じる複数の排気孔660が外側円筒空路形成体600の底部620に近接する円周に帯状に設けられている無鉄心のブラシレス回転電気機械1における外側円筒空路形成体600の、外側円筒空路形成体600と内側円筒空路形成体500とを接続する接続部に近接する円周に嵌装固定される円環で構成された冷却補助具700であって、外側円筒空路形成体600の排気孔660に一致するように設けられた複数の放射状の連通口720を有する冷却補助具に関するものである。

20

【0024】

冷却補助具700は、外側円筒空路形成体600に対し、着脱自在に嵌装固定される樹脂製リングからなる円環で構成され、外側円筒空路形成体600の排気孔660に対応する連通口720が形成されており、連通口720は、少なくとも排気孔660の内径および長さLを有することが好ましい。

【0025】

本発明の第2の態様は、図1および図2に示されるように、無鉄心の円筒コイル200を備えた固定子2を含むブラシレス回転電気機械1を構成する、底部420と内側円筒空路形成体500および外側円筒空路形成体600とを有する回転子3は、底部420と内側円筒空路形成体500とで形成される空間540に外気を取り入れるための底部420に形成された複数の吸気孔430を有し、回転軸100に固定される回転子3に対向するように回転軸100に回転自在に支持された固定子2の円筒コイル200を浮かせた状態で配置される内側円筒空路形成体500と外側円筒空路形成体600とでエアギャップ40を形成し、かつ、エアギャップ40に複数のマグネット4を露出するように装備し、エアギャップ40の閉鎖された外側円筒空路形成体600の底部620に近接する円周にエアギャップ40に通じる複数の排気孔660を帯状に穿設し、排気孔660に対応する複数の放射状の連通口720が設けられた円環からなる冷却補助具700を、排気孔660に連通口720を一致するように外側円筒空路形成体600に嵌装固定した無鉄心の円筒コイル200を備えた固定子2を含むブラシレス回転電気機械1に関するものである。

30

【0026】

無鉄心の円筒コイル200を備えた固定子2を含むブラシレス回転電気機械1を構成する外側円筒空路形成体600に着脱自在に嵌装固定される樹脂製リングからなる冷却補助具700に形成された連通口720は、外側円筒空路形成体600の排気孔660に対応するように、少なくとも排気孔660の内径および長さLを有することが好ましい。

40

【0027】

本発明の第1の態様および第2の態様から明らかなように、無鉄心の円筒コイル200を備えた固定子2を含むブラシレス回転電気機械1は、回転子3の回転により発生する回

50

転子3の周囲の圧力差によって、空間540に吸気孔430から外気70を引き込み、回転子3の周囲の圧力差は、空間540に引き込まれた外気70をエアギャップ40に配置される円筒コイル200の内側を流通させ、流通する外気70は、エアギャップ40に露出するように装備された複数のマグネット4および円筒コイル200を冷却し、外側円筒空路形成体600の排気孔660を介し、冷却補助具700の連通口720を経由し、外部に排出せるようにしたことを特徴とする。

【0028】

本発明の第3の態様は、図1および図2に示されるように、通電可能な無鉄心の円筒コイル200、および、円筒コイル200の一方の端面201が固定されて中心部310に駆動シャフト100が回転自在に連結されている蓋型マウント300を有する固定子2と、駆動シャフト100が中心部410に連結固定されて蓋型マウント300の対極に配備されている、底部420と内側円筒空路形成体500および外側円筒空路形成体600とを有するカップ型マウント400、および、外側円筒空路形成体600の内周面610および/または内側円筒空路形成体500の外周面520に配備されている複数のマグネット4を有する回転子3と、を含み、

カップ型マウント400は、底部420と内側円筒空路形成体500および外側円筒空路形成体600とで第1空隙のエアギャップ40が形成されており、エアギャップ40に、複数のマグネット4を露出するように配備され、円筒コイル200の他方の端面202が底部420との間で隙間42を残して円筒コイル200を浮かせた状態で配置し、カップ型マウント400の開放端面530、630と蓋型マウント300との間に円筒コイル200の内側に位置する空間の第2空隙20、および、円筒コイル200の外側に位置する外気に通じる第3空隙30を有する無鉄心の円筒コイル200を備えた固定子2を含むブラシレス回転電気機械₁であって、

カップ型マウント400は、底部420に第2空隙20に通じる吸気孔430を有し、外側円筒空路形成体600の底部620に近接する円周にエアギャップ40に通じる複数の排気孔660を帯状に穿設し、排気孔660に対応する複数の放射状の連通口720を設けた円環で構成する冷却補助具700を、連通口720を排気孔660に一致させて外側円筒空路形成体600に嵌装固定するようにし、回転子3の回転により発生する回転子3の周囲の圧力差によって、吸気孔430から第2空隙20に引き込まれた外気70および第3空隙30からエアギャップ40に引き込まれた外気80は、エアギャップ40内を流通し、エアギャップ40に露出するように配備された複数のマグネット4およびエアギャップ40に配置されている円筒コイル200の両面を冷却し、外側円筒空路形成体600の排気孔660を介し、冷却補助具700の連通口720を経由し、外部に排出せないようにしたことを特徴とする無鉄心の円筒コイル200を備えた固定子2を含むブラシレス回転電気機械₁に関するものである。

【0029】

無鉄心の円筒コイル200を備えた固定子2を含むブラシレス回転電気機械₁を構成する外側円筒空路形成体600に着脱自在に嵌装固定される樹脂製リングからなる冷却補助具700に形成された連通口720は、外側円筒空路形成体600の排気孔660に対応するように、少なくとも排気孔660の内径および長さLを有することが好ましい。

【0030】

無鉄心の円筒コイル200を備えた固定子2を含むブラシレス回転電気機械₁を構成する通電可能な無鉄心の円筒コイル200は、長手方向に離間された複数の線状部を有する導電性金属シートの複数で構成された積層体構造を有する円筒形であって、導電性金属シートの各々の線状部が絶縁層で覆われていることが好ましい。

【0031】

本発明の第3の態様から明らかなように、無鉄心の円筒コイル200を備えた固定子2を含むブラシレス回転電気機械₁は、回転子3の回転により発生する回転子3の周囲の圧力差によって、第2空隙20に吸気孔430から外気70を引き込むと同時に、エアギャップ40に第3空隙30から外気80を引き込み、回転子3の周囲に発生する圧力差は、

10

20

30

40

50

第2空隙20に引き込まれた外気70をエアギャップ40に配置される円筒コイル200の内側を流通させ、エアギャップ40に引き込まれた外気80を円筒コイル200の外側を流通させ、流通させた外気により、エアギャップ40に露出するように配備された複数のマグネット4およびエアギャップ40に浮かせた状態で配置された円筒コイル200の両面を冷却し、さらに、流通させた外気を、外側円筒空路形成体600の排気孔660を介し、冷却補助具700の連通口720を経由し、外部に排出させることを特徴とする。

【0032】

用語として、内側円筒空路形成体および外側円筒空路形成体は通常磁性体からなるので、内側円筒空路形成体をインナーヨークとし、外側円筒空路形成体をアウターヨークとする。また無鉄心の円筒コイルを備えた固定子を含むブラシレス回転電気機械は、コアレス・ブラシレスモータと略すこととする。

10

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明の一実施形態であるコアレス・ブラシレスモータを表す模式図である。

【図2】冷却効果を評価するための測定実験に用いる被測定コアレス・ブラシレスモータCPH50の断面図である。

【図3】図2に示されるコアレス・ブラシレスモータCPH50のアウターヨークに嵌装固定される冷却補助具の正面図および上面図である。

【図4】図2および3に示されるコアレス・ブラシレスモータCPH50に基づく冷却効果を評価するための測定実験の概要図である。

20

【図5】CPH50を48Vで駆動した場合の冷却効果を評価するための測定実験の結果のグラフである。

【図6】図5の測定実験の測定データ表である。

【図7】CPH50を24Vで駆動した場合の冷却効果を評価するための他の測定実験の結果のグラフである。

【図8】図7の他の測定実験の測定データ表である。

【図9】CPH50を36Vで駆動した場合の他のもう一つの冷却効果を評価するための他の測定実験の結果のグラフである。

【図10】図9の他のもう一つの測定実験の測定データ表である。

【図11】(参考)図3の冷却補助具と異なる形状を有する第2冷却補助具の正面図および上面図である。

30

【図12】(参考)図11の第2冷却補助具を用いた被測定コアレス・ブラシレスモータCPH50に基づく冷却効果を評価するための(48V、24V、36Vによる)測定実験の測定データ表である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

電動モータの性能の一つである発生トルクT(N・m)は、電機子コイルに流れる電流の強さI(A)に比例し、出力P(W)はトルクT(N・m)と回転角速度(rad/s)の積で表される。一方電圧降下で見ると、電源電圧V(V)は電機子コイルに流れる電流I(A)と、電機子コイルの抵抗R()との積に誘導起電力である逆起電力E₀(V)を合算した式と釣り合う。

40

$$T = K_t \times I \quad \dots \quad (1)$$

$$P = T \times \dots \quad (2)$$

$$V = I R + E_0 \quad \dots \quad (3)$$

上記の式より、トルクおよび出力を上げるために、コイル抵抗値を下げることが重要であることがわかる。

【0035】

そこで本発明を特徴づける図1に示される本発明のコアレス・ブラシレスモータ1の基本構造について概観すると、基本構造の特徴は、第1に、固定子2を構成する通電可能なコイル体として、導電性金属シートの積層体構造によって成形された円筒コイルを用いた

50

ことにある。それは、円筒コイルおよびその製造方法として、例えば特許文献8に記載されているように、長手方向に離間された複数の線状部を有する導電性金属シートの複数で構成された積層体構造を有する円筒形であって導電性金属シートの各々の線状部が絶縁層で覆われており、好ましくは、2層または4層からなる厚さが5mm以下の一定の剛性を有するものである。

【0036】

基本構造の特徴の第2に、それは、円筒コイルの一方の端面を、固定子2を構成する蓋型マウントの内周面によって閉鎖し、円筒コイルの開放された他方の端面を、回転子3を構成するカップ型マウントの底部と複数のマグネット(永久磁石)4が装備された磁性体からなるアウターヨークおよびインナーヨークとによって、断面ドーナツ状の磁界が形成される第1空隙のエアギャップに浮かせた状態で、挿入配置する構造を有する。

10

【0037】

さらに詳細には、エアギャップに挿入配置されている円筒コイルは、その内周面および外周面を回転子3のアウターヨークの内周面およびインナーヨークの外周面に接しないように、かつ、その他方の端面を、回転子3を構成するカップ型マウントの底部に接しないように、エアギャップ内に僅かの隙間を空け浮かせた状態になる。それは、円筒コイルがこのように配置されるように固定子2および回転子3を駆動シャフトに配置する構造を有するものである。

【0038】

基本構造の特徴の第3に、それは、固定子2と円筒コイルと回転子3とによって、円筒コイルの内側空間の第2空隙20および円筒コイルの外側空間で外気に接する第3空隙30を形成する構造を有するものである。より詳細には、第2空隙20は、回転子3に一体化されたアウターヨークおよびインナーヨークの開放された開放端面と該開放端面に対置する固定子2の内面との間に、固定子2の内面によって閉鎖された円筒コイルの内周面に形成される。当然、その空隙はエアギャップに通じる。

20

【0039】

回転子3を構成するカップ型マウントの底部に複数の吸気孔が設けられている本発明のコアレス・ブラシレスモータ1を作動させると、回転子3の回転により発生する回転子3の周囲の圧力差によって、吸気孔から第2空隙に外気を引き込むように作用する。また第3空隙は、固定子2の内面によって閉鎖された円筒コイルの外周面にエアギャップと外気との間に形成される。そうなると、円筒コイルの内周面と固定子2の内面とで形成される閉鎖空間となる第2空隙は、エアギャップに連通し、回転子3の内面を経て円筒コイルの外周面と固定子2の内面とアウターヨークの開放端面とで形成される開放空間となる第3空隙とのみ連通させることができる。

30

【0040】

本発明のコアレス・ブラシレスモータ1をアウターヨークにエアギャップに通じる排気孔を有しない構成にして作動すると、回転子3の周囲の圧力差によって吸気孔から第2空隙に引き込まれた外気は、円筒コイルの内周面を通り、外周面を経由して第3空隙から外部に排出される。すなわち回転子3の底部に設けられた吸気孔が外気の入り口で、第3空隙が排気のための出口になるためである。

40

【0041】

しかし、本発明のコアレス・ブラシレスモータ1は、エアギャップに通じる排気孔をアウターヨークに穿設し、かつ、排気孔に対応する連通口を有する冷却補助具を、連通口を排気孔に一致させて嵌装固定されたものである。そうなると、回転子3の周囲の圧力差によって、吸気孔から第2空隙に外気を取り込む一方、第3空隙30が排気孔から吸気孔の働きに変わるため、第3空隙30から別途に外気が取り込まれる。いずれの外気もエアギャップを通り、アウターヨークに穿設した複数の排気孔を介し、連通口から外部に排出されることになる。

【0042】

より明らかなことは、本発明のコアレス・ブラシレスモータ1は、回転子3の回転数が

50

高まるほど、すなわち出力Pが大きくなればなるほど、回転子3の周囲の圧力差も大きくなり、取り込まれる外気量が増大し、冷却効果も増すという画期的な技術的特徴を有する。それは上記した本発明のコアレス・ブラシレスモータ1の基本構造に由来する。すなわち、磁束密度が大きい狭隘のエアギャップに回転数が高まると増大する鉄損が存在しないコアレスの円筒コイルを浮かせた状態で挿入配置し、一方で、閉鎖空間の第2空隙20に取り込まれた外気でエアギャップに配置されている円筒コイルの内周面を冷却し、他方で、その時に形成される負圧状態によってエアギャップに第3空隙から別途に取り込まれた外気で円筒コイルの外周面を冷却し、そして、外気はいずれもアウターヨークの複数の排気孔を介し連通口から外部に排出されるように作用する構造からなる本発明のコアレス・ブラシレスモータとしての特徴に由来する。

10

【0043】

[連通口による冷却効果を評価するための測定実験]

本発明の被測定コアレス・ブラシレスモータCPH50の使用領域を48Vに設定した場合の冷却効果を評価するため、被測定コアレス・ブラシレスモータCPH50を作動し、回転子3の周囲に発生する圧力差によって、回転子3を構成する底部420に設けられた複数の吸気孔430および第3空隙30から取り込まれた外気による冷却効果を以下の3パターンに基づき評価した。

[1] 比較例A：冷却補助具700を用いることなく、かつ、排気孔660を設けないCPH50を作動させた場合、すなわち、このパターンは、第3空隙30が排気孔としての働きをする場合である。

20

[2] 比較例B：冷却補助具700を用いることなく、吸気孔430から取り込まれた外気および第3空隙30から取り込まれた外気をアウターヨーク600の排気孔660から外部に排出するようにCPH50を作動させた場合、このパターンは、第3空隙30が吸気孔としての働きをする場合である。

[3] 本発明の測定例C：吸気孔430から取り込まれた外気および第3空隙30から取り込まれた外気をアウターヨーク600の排気孔660を介し、アウターヨーク600に嵌装固定された冷却補助具700の連通口720から外部に排出するようにCPH50を作動させた場合、このパターンは、第3空隙30が吸気孔としての働きをし、取り込まれた外気が排気孔660を経由し連通口720から外部に排出される場合である。

【0044】

30

図2は、被測定コアレス・ブラシレスモータCPH50の断面図(a)および正面図(b)を表す。なお、図示されていないが、円筒コイルの温度測定のためのセンサは、円筒コイルの第3空隙に露出した部分の付近に取り付けた。

【0045】

被測定コアレス・ブラシレスモータCPH50について概説すると、第1に、厚みは1.85mmで外径は32.2mmの円筒コイルは、幅6.25mmで長手方向の長さが42.55mmの第1空隙のエアギャップ40に挿入配置される。マグネット4は、断面図(b)に示されるように、厚さ3.5mmの直方体からなる6個のネオジム磁石を長手方向に2.57mmの間隔を空けてアウターヨークの内周面に配備される。

【0046】

40

回転子3に一体化されたアウターヨーク600およびインナーヨーク500の開放端面530, 630と該開放端面に対置する固定子2の内面との間に、2.5mm幅の第2空隙20および1.5mm幅の第3空隙30が形成されている。また、アウターヨーク600の、アウターヨーク600とインナーヨーク500とを接続する接続部に近接する帯状の円周には直径3mmの排気孔660が24個穿設されている。排気孔660を有しないCPH50を想定するパターンを測定する場合には、これらの排気孔66にアウターヨークの外周面側から樹脂テープを貼り付けることによって、これに対応した。また円筒コイル200の内周面とインナーヨーク500の外周面との間隙は0.5mmであり、円筒コイル200の外周面とネオジム磁石4の内周面との間隙は0.4mmである。

【0047】

50

図3に示されるように、アウターヨーク600に嵌装固定される樹脂製リングからなる冷却補助具700は、内径が46.4mm、外径が62mmであり、アウターヨーク600の排気孔660に対応する24個の連通口720の直径は3.5mmであり、放射状に延びた連通口の長さは7.8mmになる。因みに、アウターヨーク600の24個の排気孔660の直径は3mmであり、長さは3.15mmになる。したがって、排気孔660の長さに連通口720の長さを加えると、外気が排気される通路の長さは10.95mmになる。これにより遠心力による排出圧力はより大きくなり、冷却効果もより高くなる。

【0048】

図4は、実験装置の概要図である。本測定実験では、被測定コアレス・ブラシレスモータCPH50の出力軸にトルク計(UNIPULSE TM301)920を接続したトルクセンサ(UNIPULSE UTM II-5Nm)930を介して発電機(m-1ink CP8048)800を連結し、発電機800が発電する電力を可変負荷(三相PWM方式駆動電源:ICAN TEC BLD750)810を外部可変抵抗器等で消費させることで生じる負荷トルクおよび回転数から導かれる出力動力と被測定コアレス・ブラシレスモータCPH50への入力電力は、駆動電源から供給される電圧と電流と駆動状態の力率によるため、モータ駆動装置900と被測定コアレス・ブラシレスモータCPH50との間に電力計(HIOKI PW3336)910を入れて測定するようにした。

【0049】

被測定コアレス・ブラシレスモータCPH50のアウターヨーク600の24個の排気孔660の位置に連通口720を合わせ、冷却補助具700をアウターヨーク600にズレ止めして嵌装固定する。測定項目は、CPH50の円筒コイル200の温度上昇の上限(飽和温度)を117に設定した負荷トルク、回転数、電流、入力電力の4点である。図5は、これらの条件で、[1]比較例A、[2]比較例B、および、[3]本発明の測定例Cの各負荷トルク(T/Nm)とCPH50の回転数(N/rpm)との関係を表す測定値に基づくグラフである。また図6はそれらの測定値のデータ表である。

【0050】

測定手順は以下の通りである。最初に駆動装置900への入力電力を48Vにセットする。次にCPH50の回転数を任意に設定する。さらに発電機800の可変負荷810による可変抵抗によってトルク計920で負荷トルクT/Nmを調整しながら順次上げていく。次にCPH50の円筒コイル200の温度を測定し、飽和温度117に達しないときは、再度負荷トルクT/Nmを調整する。最終的に円筒コイル200の温度が飽和温度117に達したときの負荷トルクT/Nmを測定した。

【0051】

[測定実験の評価]

図5のAラインは、アウターヨーク600に穿設した24個の排気孔660を樹脂テープで閉じた場合、すなわち[1]比較例Aの被測定CPH50を構成する円筒コイル200の温度が飽和温度117のときの測定値である。図5のAラインの左側領域は、被測定CPH50の正常運転領域になる。したがって、被測定CPH50は、図5の実線で示すAラインの右側領域においては、被測定CPH50の円筒コイルの発熱やマグネットの加熱に伴い性能面から正常運転を期待できなくなる。

【0052】

こうした性能低下を防ぐための技術的手段の一つがアウターヨーク600にエアギャップ40に通じるように穿設した排気孔660によって冷却機能を付加することである。それが[2]比較例Bの場合であり、図5のBラインで表される。具体的には、[2]比較例Bの被測定CPH50を構成する円筒コイル200の温度が飽和温度117のときの測定値である。図5のBラインは、図5のAラインに比べ回転全域で負荷トルクが増大し、排気孔660が被測定CPH50の正常運転領域を拡大させたことを示し、排気孔660のない被測定CPH50より冷却効果が高いことがこれで確認される。

10

20

30

40

50

【0053】

図5のCラインは、アウターヨーク600に穿設した24個の排気孔660に対応する放射状の連通口720を有する冷却補助具700をアウターヨーク600に嵌装固定された[3]本発明の測定例Cの被測定CPH50を構成する円筒コイル200の温度が飽和温度117°のときの測定値である。[2]比較例Bの被測定CPH50との構成上の違いは、図3に示された冷却補助具700を、連通口720を24個の排気孔660に一致させて嵌装固定した点にある。そのことは、外気が排出される通路の長さが、アウターヨークの厚みに一致する排気孔660の長さが3.15mmであったものが、連通口720の長さ7.8mmを加えた10.95mmになったことである。通路の長さが伸びた分だけ遠心力が増すことによって排出される外気の流速が高まり、吸気孔430および第3空隙から取り込まれる外気量が増える結果、[3]本発明の測定例Cの被測定CPH50の冷却効果がさらに一段と高まることがこれで確認される。

【0054】

図7および図8は、駆動装置900への入力電力を24Vにセットした場合のグラフと測定値データ表である。また図9および図10は、駆動装置900への入力電力を36Vにセットした場合のグラフと測定値データ表である。いずれも[3]本発明の測定例Cの被測定CPH50を構成する円筒コイル200の温度が飽和温度117°のときの測定値をみると、[1]比較例Aおよび[2]比較例Bに比べ、回転全域で負荷トルクが増大し、被測定CPH50の正常運転領域を拡大させていることが確認される。24V、36V、および、48Vに設定された被測定CPH50の正常運転領域は、高速回転になるほど拡大し、冷却効果が高いことがこれでも確認される。

【0055】

参考のため、図11に別形状の冷却補助具700'を示す。図3の冷却補助具700との違いは連通口720の長さが異なる点のみである。別形状の冷却補助具700'の連通口720'の長さが3.8mmであり、連通口720の長さ7.8mmの1/2以下である。外気が排出される通路の長さが短い分だけ遠心力が低く排出される外気の流速も小さい。したがって、吸気孔430および第3空隙30から取り込まれる外気量も少ない結果、図5、図7、図9のDラインに示されるように、Cラインの左側に飽和温度117°のときの測定値が示される。

【0056】

また、吸気孔430を閉鎖した被測定CPHによるパターンは、今回の測定実験には含まれていない。その場合は、説明するまでもなく、取り込まれる外気が十分でないため、冷却効果は低くなり、飽和温度117°のときの測定値が図5のAラインより左側に位置することとなる。

【0057】

本発明は、好ましい実施形態に関連して記載されたが、当業者であれば、本発明の範囲から逸脱することなく、様々な変更がなされ、均等物がそれについての要素に代替され得ることが理解されるであろう。したがって、本発明を実施するために考慮された最良の実施態様として開示された特定の実施態様に限定されるものではなく、特許請求の範囲に属する全ての実施形態を含むものであることが意図される。

【符号の説明】

【0058】

1 無鉄心の円筒コイルを備えた固定子を含むブラシレス回転電気機械またはコアレス・ブラシレスモータ

2 固定子

3 回転子

4 マグネット

20 第2空隙

30 第3空隙

10

20

30

40

50

4 0 第1空隙のエアギャップ
 4 1 内側間隙
 4 2 中間間隙
 4 3 外側間隙
 7 0 第2空隙に引き込まれた外気
 8 0 第3空隙から引き込まれた外気

1 0 0 駆動シャフト

2 0 0 円筒コイル
 2 0 1 円筒コイルの（固定）端面
 2 0 2 円筒コイルの（開放）端面

10

3 0 0 蓋型マウント
 3 1 0 蓋型マウントの中心部

4 0 0 カップ型マウント
 4 1 0 カップ型マウントの中心部
 4 2 0 カップ型マウントの底部
 4 3 0 吸気孔
 4 3 1 吸気孔フィルタ

20

5 0 0 内側円筒空路形成体またはインナーヨーク
 5 3 0 内側円筒空路形成体またはインナーヨークの開放端面
 5 4 0 内側円筒空路形成体またはインナーヨークの内側空間

6 0 0 外側円筒空路形成体またはアウターヨーク
 6 3 0 外側円筒空路形成体またはアウターヨークの開放端面
 6 6 0 外側円筒空路形成体またはアウターヨークの底部に穿設した排気孔

30

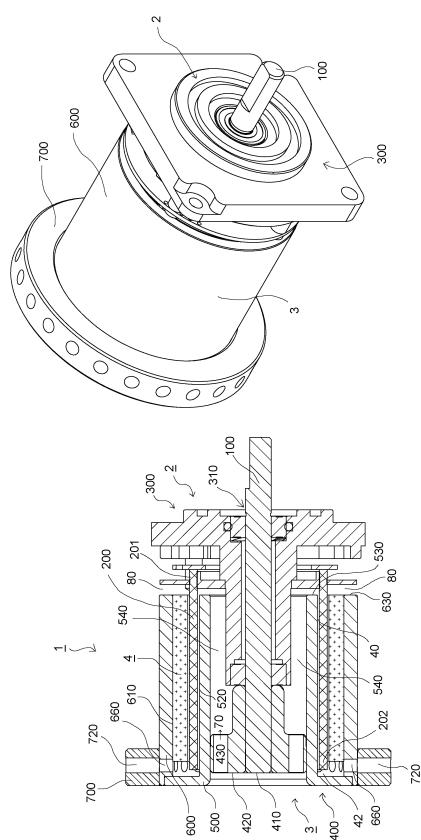
7 0 0 冷却補助具
 7 2 0 冷却補助具の連通口

8 0 0 発電機
 8 1 0 可変負荷

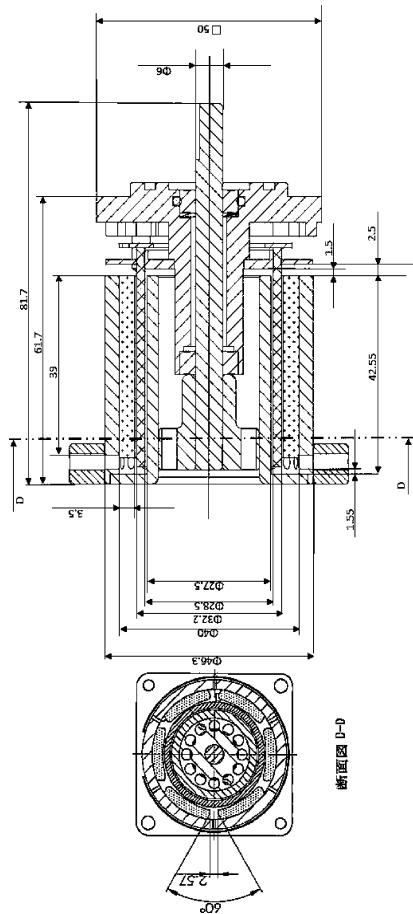
9 0 0 駆動装置
 9 1 0 電力計
 9 2 0 トルク計
 9 3 0 トルクセンサ

40

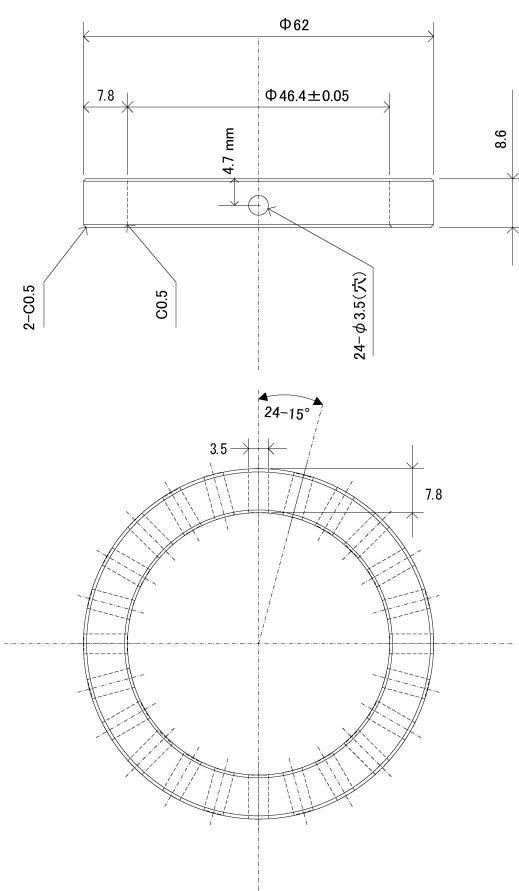
【 义 1 】



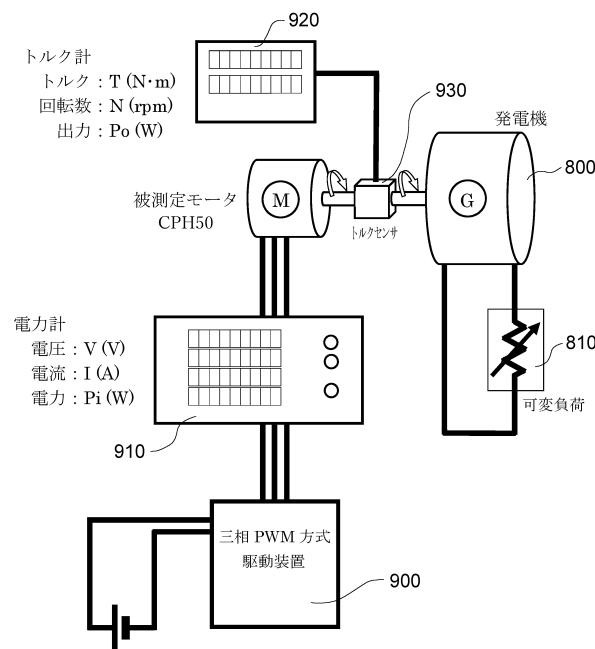
【 図 2 】



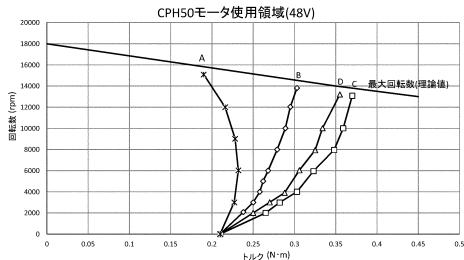
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

CPH50 117°C 48V 連続運転データ

(参考) 外装体付き標準品

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
18000	0.030	3.40	103.2	56.6	54.84
15000	0.100	4.75	200.5	156.7	78.15
12000	0.135	5.53	210.7	169.9	80.64
9030	0.168	6.34	198.6	159.0	80.06
5980	0.188	6.70	154.7	117.8	76.15
3015	0.206	6.98	98.6	65.1	66.02

A: 排気孔なし

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
15090	0.190	7.63	369.4	301.3	81.56
12000	0.216	7.98	333.8	271.8	81.43
9013	0.228	8.67	270.6		
6016	0.232	7.92	194.1	146.2	75.32
2995	0.227	7.50	109.5	71.2	65.02

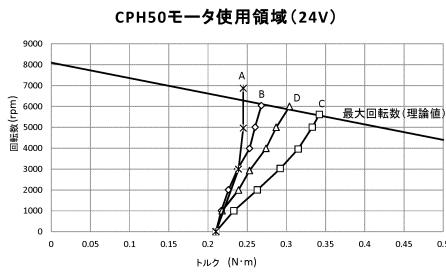
B: 排気孔あり 冷却補助具なし

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
13820	0.303	10.24	539.0	438.5	81.35
12030	0.295	9.89	462.0	371.8	80.48
10008	0.289	9.55	381.9	303.1	79.37
7990	0.279	9.13	302.4	233.4	77.18
6000	0.268	8.70	228.6	168.7	73.80
5006	0.262	8.45	192.4	137.4	71.41
4001	0.258	8.29	160.3	108.2	67.50
2990	0.250	8.03	125.8	78.3	62.24
2081	0.238	7.65	94.0	51.9	55.21

C: 排気孔あり 冷却補助具あり

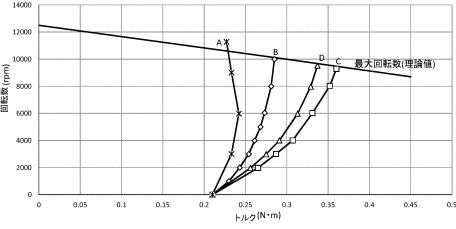
回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
13080	0.370	12.35	646.2	510.8	79.05
10000	0.359	11.49	477.6	369.1	77.28
7956	0.348	11.10	388.2	289.8	74.65
5950	0.333	10.20	281.2	201.3	71.59
3997	0.303	9.51	194.2	126.9	65.35
2980	0.282	8.85	144.9	88.1	60.80
1993	0.265	8.34	104.8	55.5	52.96

【図7】



【図9】

CPH50モータ使用領域(36V)



【図8】

CPH50 117°C 24V 連続運転データ

(参考) 外装体付き標準品

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
7380	0.195	6.90	187.7	150.8	80.34
5042	0.207	7.11	144.7	109.3	75.54
3006	0.214	7.20	101.5	67.4	66.40

A: 排気孔なし

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
6875	0.245	8.25	224.4	178.4	78.61
4980	0.245	8.10	171.4	127.2	74.21
2998	0.239	7.84	115.1	75.0	65.16

B: 排気孔あり 冷却補助具なし

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
6037	0.268	8.54	223.5	169.5	75.84
5008	0.260	8.21	185.0	136.3	73.68
3985	0.253	8.00	151.4	105.6	69.75
3007	0.238	7.50	115.2	74.9	65.02
2002	0.226	6.99	80.3	45.5	56.66
1002	0.217	6.43	49.8	21.3	42.77

C: 排気孔あり 冷却補助具あり

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
5611	0.342	10.56	282.0	200.8	71.21
5006	0.333	10.23	250.3	174.0	69.52
3959	0.315	9.74	198.8	131.1	65.95
3022	0.292	9.04	150.1	92.7	61.76
2005	0.263	8.16	101.5	55.2	54.38
1004	0.233	7.24	60.4	24.5	40.56

【図10】

CPH50 117°C 36V 連続運転データ

(参考) 外装体付き標準品

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
12315	0.140	5.68	222.1	180.9	81.45
9030	0.182	6.68	212.0	172.2	81.23
6023	0.196	6.90	160.6	123.6	76.96
3000	0.209	7.07	99.6	65.7	65.96

A: 排気孔なし

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
11280	0.227	8.19	327.3	268.5	82.03
9008	0.233	8.16	272.6	220.0	80.70
5980	0.242	8.19	200.3	152.2	75.99
3004	0.233	7.67	112.3	73.3	65.27

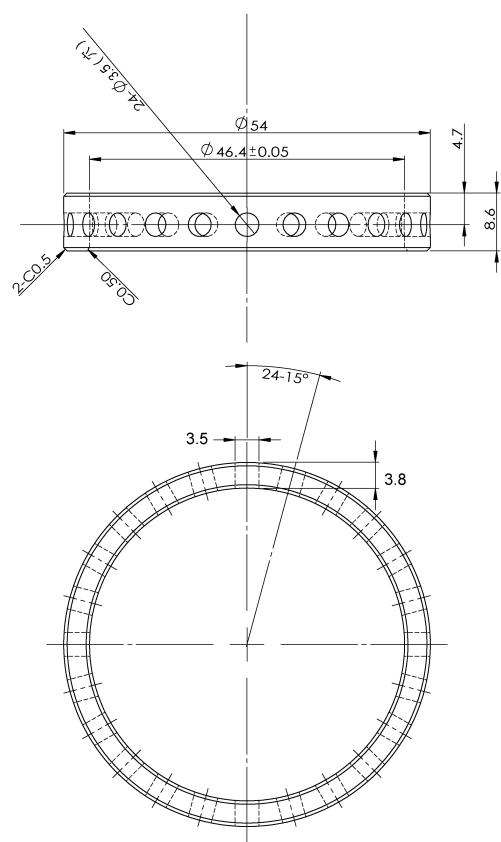
B: 排気孔あり 冷却補助具なし

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
9998	0.285	9.19	361.8	292.1	80.74
8000	0.281	9.13	301.3	235.5	78.16
6036	0.273	8.79	231.9	173.6	74.86
5001	0.268	8.46	193.0	139.3	72.18
3996	0.261	8.27	159.4	109.2	68.51
3001	0.254	8.01	126.1	80.0	63.44
1997	0.243	7.66	92.7	50.8	54.80
995	0.230	7.32	61.7	24.3	39.38

C: 排気孔あり 冷却補助具あり

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
9283	0.360	11.56	457.9	351.1	76.68
8018	0.352	11.12	390.2	293.1	75.12
6019	0.331	10.38	289.2	208.0	71.92
4002	0.307	9.61	196.8	128.8	65.45
3010	0.287	8.98	149.1	90.7	60.83
1976	0.265	8.31	103.7	54.8	52.84

【図11】



【図12】

CPH50 + 第2冷却補助具 117°C 連続運転データ (D)

24V

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
6000	0.304	9.53	258.3	189.1	73.21
4999	0.287	9.07	210.8	150.3	71.30
3992	0.274	8.67	168.9	114.5	67.79
2930	0.253	8.02	123.8	77.7	62.76
1998	0.239	7.56	90.0	50.0	55.56
1003	0.218	6.94	56.1	22.9	40.82

36V

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
9520	0.337	10.85	433.5	336.2	77.55
7981	0.329	10.49	362.5	275.6	76.03
5980	0.313	9.84	270.3	196.0	72.51
4006	0.291	9.15	184.8	122.6	66.34
2993	0.275	8.63	140.8	86.4	61.36
1974	0.256	8.07	100.2	52.9	52.79

48V

回転数	トルク	電流	入力	出力	効率
13200	0.355	11.78	618.0	491.3	79.50
10014	0.334	10.87	449.4	349.6	77.79
7938	0.325	10.38	357.8	269.3	75.27
6037	0.306	9.74	269.2	193.8	71.99
3905	0.288	9.10	183.9	120.8	65.69
3004	0.270	8.53	139.4	85.0	60.98
2003	0.250	7.89	97.4	52.3	53.70

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-333801(JP, A)
国際公開第2016/035358(WO, A1)
特開2006-187116(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 02 K	5 / 20
H 02 K	1 / 32
H 02 K	3 / 34