(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7249731号
(P7249731)

(45)発行日　令和5年3月31日(2023.3.31)

(24)登録日　令和5年3月23日(2023.3.23)

(51)国際特許分類

Ｈ０２Ｋ	*5/18 (2006.01)*	Ｈ０２Ｋ	5/18
Ｈ０２Ｋ	*5/20 (2006.01)*	Ｈ０２Ｋ	5/20

ＦＩ

請求項の数　1　（全9頁）

(21)出願番号　特願2017-205256(P2017-205256)
(22)出願日　平成29年10月24日(2017.10.24)
(65)公開番号　特開2019-80426(P2019-80426A)
(43)公開日　令和1年5月23日(2019.5.23)
審査請求日　令和1年5月28日(2019.5.28)
審判番号　不服2021-15701(P2021-15701/J1)
審判請求日　令和3年11月16日(2021.11.16)

(73)特許権者　501137636
東芝三菱電機産業システム株式会社
東京都中央区京橋三丁目１番１号
(74)代理人　110001092
弁理士法人サクラ国際特許事務所
(72)発明者　若杉　直
東京都中央区京橋三丁目１番１号 東芝三菱電機産業システム株式会社内
合議体
審判長　柿崎　拓
審判官　田合　弘幸
審判官　山崎　孔徳

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　全閉形回転電機の設計方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

軸方向に延びて回転可能に支持されたロータシャフトと、前記ロータシャフトの径方向外側に設けられた円筒状の回転子鉄心とを有する回転子と、

前記回転子鉄心の径方向外側で前記回転子鉄心を囲むように設けられた円筒状の固定子鉄心と、前記固定子鉄心の径方向の内側部分を前記軸方向に貫通する固定子巻線とを有する固定子と、

前記固定子の径方向の外側に配されて前記回転子鉄心と前記固定子を収納し、それぞれ前記回転子鉄心および前記固定子側と連通し互いに反対端に形成された通風路入口開口および通風路出口開口を有し前記軸方向に延びた少なくとも一つの通風路が形成されたフレームと、

前記回転子鉄心を挟んで前記軸方向の前記ロータシャフトの両側のそれぞれで前記ロータシャフトを支持する２つの軸受と、

前記ロータシャフトの少なくとも一方の前記軸受と前記回転子鉄心の間の位置に取り付けられて冷却用気体を駆動する内扇と、

前記軸方向に垂直な方向に拡がり脚リブ開口が形成されている脚リブを有し、前記フレームを下方から支持する脚と、

前記脚リブ開口が形成された部分に設けられた複数のフレーム外側フィンを含めて前記フレームの前記通風路が形成されていない周方向の領域に設けられた複数のフレーム外側フィンと、

を備え、
前記通風路は、前記フレームにおいて、前記脚が取り付けられた領域以外の部分であって前記脚よりも上方のみに設けられている、
全閉形回転電機の設計方法であって、
前記フレームの外表面において前記通風路が形成されている領域の割合である通風路領域割合が大きくなると低下する回転子導体バー温度と前記通風路領域割合が大きくなると上昇する固定子コイル導体温度とのそれぞれの前記通風路領域割合への依存性から、前記回転子で発生した熱の除去に支障をきたさないか否かを確認し、必要な前記通風路領域割合を確保するステップを有することを特徴とする全閉形回転電機の設計方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、全閉形回転電機の設計方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
全閉形回転電機は、ロータシャフトおよび回転子鉄心を有する回転子と、回転子の外側に配された固定子鉄心とそれを貫通する固定子巻線とを有する固定子を備えている。回転子鉄心および固定子は、フレーム等が形成する閉空間内に収納されている。
【０００３】
固定子および回転子鉄心で発生する熱を除去するための冷却は、通常、閉空間内の空気等の冷却用気体の循環と、フレーム等における機内の冷却用気体から外側の冷却媒体への熱移動により行っている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【文献】特開２００１－２３８３９６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
冷却管を有する冷却器が備えられている場合は、閉空間の内側から外側への熱移動は、冷却管の外面から内面への熱移動、すなわち冷却管を通じた伝熱により行われる。
【０００６】
一方、冷却管を有さないフィンフレーム方式の場合には、閉空間内の冷却用気体の循環のために、ロータシャフトに取り付けられた内扇が設けられている。また、外気による熱除去のため、フレームの頂部や側部の外側表面には複数のフィンが設けられている（特許文献１参照）。
【０００７】
閉空間内の冷却用気体の循環のために、フレームに、軸方向に延びる冷却用気体の通路が形成されている場合がある。この通路は、通常、周方向に互いに間隔をあけて配されている。この場合、フレームの頂部や側部で通路が形成されていない領域には、外表面にフィンが設けられている。
【０００８】
図４は、従来の全閉形回転電機の構成例を示す横断面図である。フレーム４０は、脚４５により下方から支持されている。フレーム４０の周方向には、通風孔が、周方向に互いに間隔をおいて配されている。すなわち、上方の両側に２つの上方通風孔４２ａが、また、両側の脚４５および脚リブ４６が設けられている部分にそれぞれ下方通風孔４２ｂが形成されている。
【０００９】
フレーム４０の外側のフレーム外側フィン４３は、フレーム４０の頂部に複数のフレーム外側頂部フィン４３ａが、側部に複数のフレーム外側側部フィン４３ｂが、および底部

に複数のフレーム外側底部フィン４３ｃがそれぞれ設けられている。
【００１０】
回転電機は、一般に、たとえば規定により、容量に応じて、基礎から回転軸の中心までの高さ寸法が所定の高さとするよう定められている。一方、電磁気的な性能上は固定子鉄心の径を極力大きくすることが望まれる。固定子鉄心の径を大きくすれば、フレームの径が増大する。この結果、通常、フレーム４０の下面の基礎からの高さ寸法は減少するため、フレーム外側底部フィン４３ｃのフレーム４０の外表面からの突出長さ、すなわち、図４の断面におけるフレーム外側底部フィン４３ｃの長さを十分に確保することは一般に難しくなる。
【００１１】
一般的な全閉形回転電機の多くにおいては、固定子鉄心２１の径方向の外面は、運転状態においては、フレーム４０の内面に密着しており、固定子鉄心２１および固定子巻線で発生する熱は、固定子鉄心２１からフレーム４０に伝達し、フレーム４０の外表面から外気に放散される。フレーム４０の外表面からの熱の放散については、フィンからの放散が支配的である。
【００１２】
特に外扇が設けられていない回転電機においては、閉空間の内部と外部との熱移動の境界の面積、すなわち、伝熱面積の確保が重要となるが、フレーム外側底部フィン４３ｃの長さを十分に確保することが難しい状況では、固定子鉄心２１からの熱除去能力は、特に底部において低くなり、この部分が冷却効率確保上のネックとなっている。
【００１３】
本発明は、簡素化された構成により全閉形回転電機の冷却効率を確保することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１４】
上述の目的を達成するため、本発明に係る全閉形回転電機の設計方法は、軸方向に延びて回転可能に支持されたロータシャフトと、前記ロータシャフトの径方向外側に設けられた円筒状の回転子鉄心とを有する回転子と、前記回転子鉄心の径方向外側で前記回転子鉄心を囲むように設けられた円筒状の固定子鉄心と、前記固定子鉄心の径方向の内側部分を前記軸方向に貫通する固定子巻線とを有する固定子と、前記固定子の径方向の外側に配されて前記回転子鉄心と前記固定子を収納し、それぞれ前記回転子鉄心および前記固定子側と連通し互いに反対端に形成された通風路入口開口および通風路出口開口を有し前記軸方向に延びた少なくとも一つの通風路が形成されたフレームと、前記回転子鉄心を挟んで前記軸方向の前記ロータシャフトの両側のそれぞれで前記ロータシャフトを支持する２つの軸受と、前記ロータシャフトの少なくとも一方の前記軸受と前記回転子鉄心の間の位置に取り付けられて冷却用気体を駆動する内扇と、前記軸方向に垂直な方向に拡がり脚リブ開口が形成されている脚リブを有し、前記フレームを下方から支持する脚と、前記脚リブ開口が形成された部分に設けられた複数のフレーム外側フィンを含めて前記フレームの前記通風路が形成されていない周方向の領域に設けられた複数のフレーム外側フィンと、を備え、前記通風路は、前記フレームにおいて、前記脚が取り付けられた領域以外の部分であって前記脚よりも上方のみに設けられている、全閉形回転電機の設計方法であって、前記フレームの外表面において前記通風路が形成されている領域の割合である通風路領域割合が大きくなると低下する回転子導体バー温度と前記通風路領域割合が大きくなると上昇する固定子コイル導体温度とのそれぞれの前記通風路領域割合への依存性から、前記回転子で発生した熱の除去に支障をきたさないか否かを確認し、必要な前記通風路領域割合を確保するステップを有することを特徴とする。
【発明の効果】
【００１５】
本発明によれば、簡素化された構成により全閉形回転電機の冷却効率を確保することができる。

【図面の簡単な説明】
【００１６】
【図１】実施形態に係る全閉形回転電機の構成を示す図１のＩ－Ｉ線矢視立断面図である。
【図２】実施形態に係る全閉形回転電機の構成を示す図１のＩＩ－ＩＩ線矢視横断面図である。
【図３】実施形態に係る全閉形回転電機の通風路の断面積の割合による各部の温度の依存性を示すグラフである。
【図４】従来の全閉形回転電機の構成例を示す横断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
以下、図面を参照して、本発明の実施形態に係る全閉形回転電機および全閉形回転電機の設計方法について説明する。ここで、互いに同一または類似の部分には、共通の符号を付して、重複説明は省略する。
【００１８】
図１は、実施形態に係る全閉形回転電機の構成を示す図１のＩ－Ｉ線矢視立断面図である。また、図２は、図１のＩＩ－ＩＩ線矢視横断面図である。
【００１９】
全閉形回転電機１００は、回転子１０、固定子２０、反結合側軸受３１、結合側軸受３２、およびフレーム４０を有する。図１では、かご型の回転電機の場合を示している。
【００２０】
回転子１０は、軸方向に延びるロータシャフト１１およびロータシャフト１１の径方向外側に取り付けられた回転子鉄心１２、および回転子導体１３を有する。ロータシャフト１１は、軸方向の一方の端部に結合部１１ａを有する。
【００２１】
結合部１１ａは、全閉形回転電機１００が電動機の場合は被駆動対象との、また、全閉形回転電機１００が発電機の場合は原動機との結合部である。以下、ロータシャフト１１の回転軸の方向（軸方向）が結合部１１ａの方向に向かう方向を結合側と呼び、これと反対方向を反結合側と呼ぶものとする。
【００２２】
ロータシャフト１１は、回転子鉄心１２を挟んだ軸方向の両側で、結合側は結合側軸受３２、反結合側は反結合側軸受３１によりそれぞれ回転可能に支持されている。回転子鉄心１２と反結合側軸受３１との間の位置において、内扇５５がロータシャフト１１に設けられている。
【００２３】
回転子導体１３は、回転子鉄心１２の径方向外側近くに互いに並列に周方向に配され回転子鉄心１２を軸方向に貫通する複数の回転子導体バーと、回転子鉄心１２の軸方向の両外側で、複数の回転子導体を短絡させる環状の短絡環とを有する。
【００２４】
固定子２０は、固定子鉄心２１と複数の固定子巻線２２とを有する。固定子鉄心２１は、円筒状であり、回転子鉄心１２の径方向外側に空隙１８をあけて回転子鉄心１２を囲むように設けられている。固定子鉄心２１の径方向内側には、周方向に互いに間隔をあけて配され軸方向に延びた複数のスロット（図示せず）が形成されている。固定子巻線２２は、これら複数のスロット内を貫通する。
【００２５】
フレーム４０は、たとえば、円筒状であって、固定子鉄心２１の径方向外側に配され、回転子鉄心１２および固定子２０を収納する。フレーム４０の下部には、軸方向に延びてフレーム４０を支持する２つの脚４５が取り付けられている。脚４５には、軸方向に互いに間隔をあけて脚リブ４６が設けられている。脚リブ４６は、平板状に軸に垂直な方向に広がり、脚４５に接続され、また、一部がフレーム４０に接続されている。脚リブ４６には、脚リブ開口４６aが形成されている。

【００２６】
今、説明の便宜上、図２に示すように、フレーム４０の外表面における周方向角度位置θを、頂点部分を周方向角度位置θがゼロ度、底部を周方向角度位置θが１８０度として、図２の左右について同様に表わすものとする。
【００２７】
フレーム４０の両側のθが約８０度の付近にはそれぞれ、軸方向に延びた通風孔４１が形成され、軸方向に延びている。フレーム４０の内側の閉空間４０ａのうち固定子鉄心２１の軸方向外側の反結合側の空間４０ｂと、それぞれの通風孔４１の内部の通風路４１ａとを連通するように入口開口４１ｂが形成されている。また、フレーム４０の内側の閉空間４０ａのうちの固定子鉄心２１の軸方向外側の結合側の空間４０ｃと、それぞれの通風孔４１の内部の通風路４１ａとを連通するように出口開口４１ｃが形成されている。
【００２８】
フレーム４０の外表面のうち、通風孔４１が形成されていない周方向の領域には、複数のフレーム外側フィン４３が設けられている。フレーム外側フィン４３は、複数の互いに並列に配された板状で、それぞれ、径方向に拡がり軸方向に延びている。
【００２９】
なお、フレーム外側フィン４３の延びる方向は、軸方向に限定されない。たとえば、周方向あるいは、軸方向に対し傾きを有する方向であってもよい。さらに、フレーム外側フィン４３は、複数の方向のそれぞれに向いたものを有してもよい。
【００３０】
フレーム外側フィン４３は、角度位置θが、ゼロ度から順次増大する方向に、フレーム外側頂部フィン４３ａ、フレーム外側上方フィン４３ｄ、フレーム外側側部フィン４３ｂ、フレーム外側下方フィン４３ｅ、および、フレーム外側底部フィン４３ｃを有する。
【００３１】
フレーム外側頂部フィン４３ａは、周方向角度位置θがゼロ度近傍に配されている。フレーム外側上方フィン４３ｄは、フレーム外側頂部フィン４３ａと２つの通風孔４１のそれぞれが形成されている部分との間にそれぞれ配されている。フレーム外側側部フィン４３ｂは、通風孔４１が形成されている部分と脚リブ４６との間にそれぞれ配されている。フレーム外側下方フィン４３ｅは、脚リブ４６に形成された脚リブ開口４６ａに対応する周方向領域に配されている。フレーム外側底部フィン４３ｃは、２つの脚４５の間の、周方向角度位置θが１８０度近傍に配されている。
【００３２】
フレーム４０の軸方向の両端は開放されており、結合側の端部には結合側軸受３２を静止支持する結合側軸受ブラケット５２が取り付けられ、反結合側の端部には反結合側軸受３１を静止支持する反結合側軸受ブラケット５１が取り付けられている。
【００３３】
結合側軸受ブラケット５２および反結合側軸受ブラケット５１は、フレーム４０と相まって閉空間４０ａを形成する。ロータシャフト１１の回転子鉄心１２と反結合側軸受３１の間の位置の空間４０ｂ内に、内扇５５が設けられている。閉空間４０ａ内では、たとえば空気などの冷却用気体が、内扇５５に駆動されて循環する。以上のように、閉空間４０ａは、通風路４１ａ、空間４０ｂおよび空間４０ｃを有する。
【００３４】
結合側軸受ブラケット５２および反結合側軸受ブラケット５１の内面には、冷却用気体の流れがスムーズになるようにガイドする、すなわち冷却用気体の循環による圧力損失を抑えるように、流れに沿った滑らかな形状の曲面が形成されている。
【００３５】
図４に示す従来の構成例と比較すると、図１および図２に示す本実施形態による回転電機１００は、次の特徴を有する。
【００３６】
第１に、フレーム４０に形成されている通風孔の数が、従来の構成例より少ない。この

結果、全体として、通風孔が形成されている範囲の、フレーム４０の外表面に占める割合が小さい。したがって、フレーム外側フィン４３を設けられる範囲が大きい。

【００３７】

第２に、脚４５の部分に通風孔が形成されておらず、かつ、脚リブ４６に脚リブ開口４６ａが形成されている。この結果、脚リブ開口４６ａの位置にもフレーム外側フィン４３が設けられている。

【００３８】

従来、フレームの、特に脚部を含む底部は、フレーム外側フィン４３の径方向の幅が短いため冷却能力が低く、かつ、脚部にフレーム内の通風路があることから、更に冷却の面で不利となっていた。本実施形態では、脚部にある通風路を無くし、それにより生じたフレーム４０の表面にもフレーム外側フィン４３を設けている。この結果、フレーム４０の表面の伝熱面積が増大する。

【００３９】

また、脚リブ４６に脚リブ開口４６ａを形成し、フレーム外側下方フィン４３ｅを設けることにより、冷却能力が向上する。脚リブ開口４６が形成されていない場合でも、脚リブ４６間の軸方向領域にフィンを設けるスペースがあり、その領域にフィンを設けることができる場合があるが、この場合に比較しても、脚リブ開口４６ａをフィンが貫通し、脚リブ開口４６ａを外気が流通する分、冷却能力が向上する。

【００４０】

以上の結果、従来の例にあるような固定子の底部の冷却不足を補うことができる。

【００４１】

次に、本実施形態による全閉形回転電機の作用を説明する。

【００４２】

内扇５５は、回転子鉄心１２および固定子２０側から冷却用気体を吸い込み、冷却用気体を径方向外向きに圧送し、フレーム４０に形成された通風路４１ａの入口開口４１ｂに流入させる。冷却用気体は、通風路４１ａを通過しながら冷却された後に、結合側空間４０ｃに流入し、回転子鉄心１２および固定子２０を通過し、ふたたび、内扇５５に流入する。

【００４３】

この冷却用気体の循環によって、回転子１０の熱は、冷却用気体に移行する。また、フレーム４０内部の温度が平準化する。回転子１０から冷却用気体に移行した熱は、フレーム４０の通風孔４１およびそれ以外の部分、反結合側軸受ブラケット５１および結合側軸受ブラケット５２から外気に移行する。

【００４４】

一方、固定子２０で発生した熱の大部分は、固定子鉄心２１から直接にフレーム４０に伝達され、フレーム４０の外表面から外気に放散される。そのため、固定子２０で発生した熱の除去の観点からは、フレーム４０により多くの放熱用のフィンが設けられていることが望ましい。

【００４５】

通常、全閉形回転電機１００の内部では、固定子巻線２２および固定子鉄心２１からの発熱が主であるため、固定子鉄心２１での発熱の熱除去能力の向上は、全閉形回転電機１００全体の冷却能力の向上につながる。

【００４６】

図３は、全閉形回転電機の通風路の断面積の割合による各部の温度の依存性を示すグラフである。横軸は、フレーム４０の外表面において通風路４１ａが形成されている領域の割合を示す。縦軸は、固定子コイル導体温度Ｔｓおよび回転子導体バー温度Ｔｒの値である。

【００４７】

実線で示す曲線は、回転子導体バー温度Ｔｒの通風路領域割合への依存特性を示す。前述のように、回転子１０で発生した熱は、冷却用気体に移行して放散されるので、通風路

領域割合が大きくなると回転子導体バー温度Ｔｒは低下する。

【００４８】

破線で示す曲線は、固定子コイル導体温度Ｔｓの通風路領域割合への依存特性を示す。前述のように、固定子２０で発生した熱の大部分は、固定子鉄心２１から直接にフレーム４０に伝達される。通風路領域割合が大きくなると、フレーム４０にフレーム外側フィン４３を設けられる表面積が減少し、フレーム４０に伝達された熱の放散面積が低下する。このため、通風路領域割合が大きくなると、固定子コイル導体温度Ｔｓは上昇する。

【００４９】

前述のように、全閉形回転電機１００の内部における発熱の多くは、固定子２０から生ずるため、フレーム外側フィン４３の設置範囲を増加させることにより、全閉形回転電機１００の全体の冷却能力を向上させることができる。一方、図３に示すように、通風路４１ａの減少が、回転子１０で発生した熱の除去に支障をきたさないか否かを、確認し、必要な通風路割合を確保した上で、全閉形回転電機１００の冷却能力を確保することができる。

【００５０】

以上のように、本実施形態によれば、簡素化された構成により全閉形回転電機の冷却効率を確保することができる。

【００５１】

［その他の実施形態］

以上、本発明の実施形態を説明したが、実施形態は例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。たとえば、実施形態においては、横置型の回転電機の場合を例にとって示したが、立置型の場合であってもよい。また、実施形態では、かご型の回転電機の場合を例にとって示したが、巻線型の誘導回転電機の場合であってもよい。

【００５２】

また、実施形態では、通風孔が、周方向角度位置θが約８０度の位置にある場合を例にとって示しているが、脚部と干渉しない位置で、脚部より上方であれば、他の周方向角度位置であってもよい。また、単一の通風孔が形成されている場合であってもよい。

【００５３】

さらに、実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

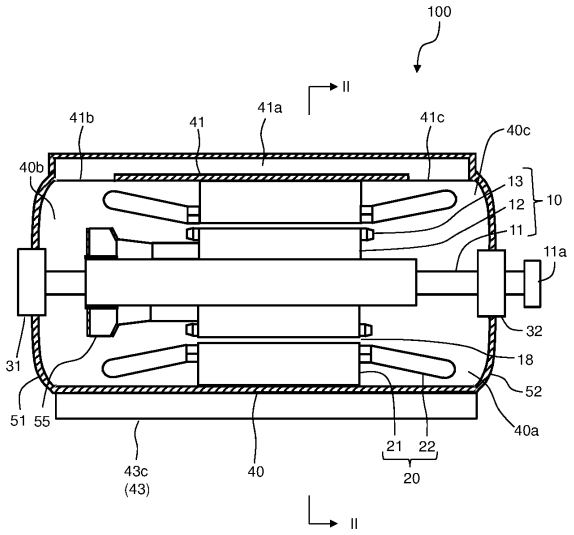
【符号の説明】

【００５４】

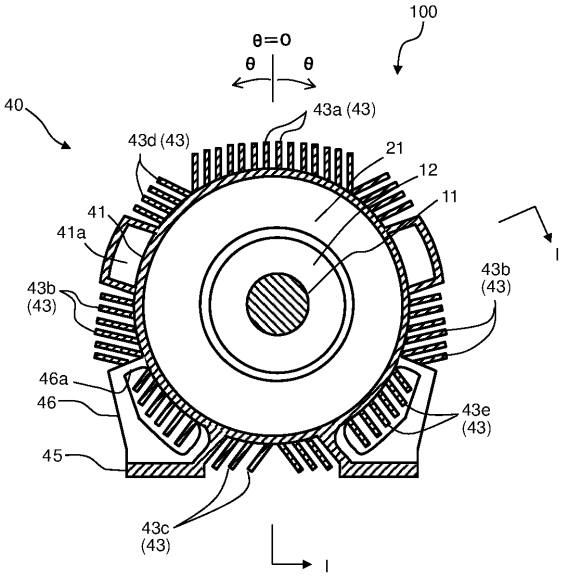
１０…回転子、１１…ロータシャフト、１１ａ…結合部、１２…回転子鉄心、１３…回転子導体、１８…空隙、２０…固定子、２１…固定子鉄心、２２…固定子巻線、３１…反結合側軸受、３２…結合側軸受、４０…フレーム、４０ａ…閉空間、４０ｂ…反結合側空間、４０ｃ…結合側空間、４１…通風孔、４１ａ…通風路、４１ｂ…入口開口、４１ｃ…出口開口、４２ａ…上方通風孔、４２ｂ…下方通風孔、４３…フレーム外側フィン、４３ａ…フレーム外側頂部フィン、４３ｂ…フレーム外側側部フィン、４３ｃ…フレーム外側底部フィン、４３ｄ…フレーム外側上方フィン、４３ｅ…フレーム外側下方フィン、４５…脚、４６…脚リブ、４６ａ…脚リブ開口、５１…反結合側軸受ブラケット、５２…結合側軸受ブラケット、５５…内扇、１００…全閉形回転電機

【図面】

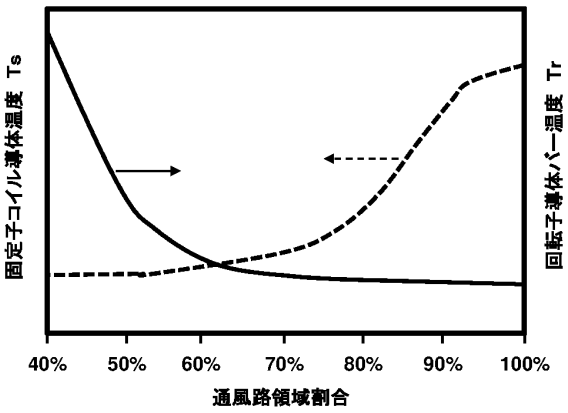
【図１】


100
II
41b
41
41a
41c
40c
40b
13
12
11
10
11a
32
31
18
52
51
55
40a
43c
(43)
40
21
22
20
II

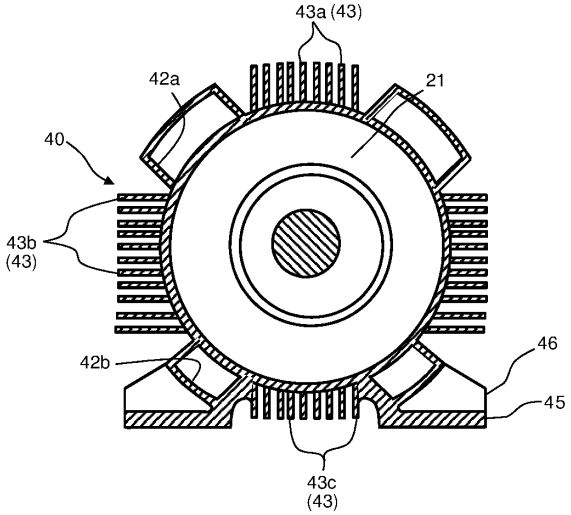
【図２】


100
θ=0
θ
θ
40
43a (43)
43d (43)
21
12
11
41
41a
43b
(43)
43b
(43)
I
46a
46
43e
(43)
45
43c
(43)
I

【図３】


固定子コイル導体温度 Ts
回転子導体バー温度 Tr
40%
50%
60%
70%
80%
90%
100%
通風路領域割合

【図４】


43a (43)
42a
21
40
43b
(43)
46
42b
45
43c
(43)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００８－２４５５１２（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１４９５９９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１５－２０８１０１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
H02K 5/18
H02K 5/20