

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3663588号
(P3663588)

(45) 発行日 平成17年6月22日(2005.6.22)

(24) 登録日 平成17年4月8日(2005.4.8)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H02K 9/06
H02K 1/20
H02K 1/32

H02K 9/06 Z
H02K 1/20 C
H02K 1/32 C

請求項の数 14 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平7-140011 (22) 出願日 平成7年5月15日(1995.5.15) (65) 公開番号 特開平7-322565 (43) 公開日 平成7年12月8日(1995.12.8) 審査請求日 平成14年4月16日(2002.4.16) (31) 優先権主張番号 9410351.2 (32) 優先日 平成6年5月24日(1994.5.24) (33) 優先権主張国 英国(GB)</p>	<p>(73) 特許権者 391027642 ジーイーシー オールストム リミテッド GEC ALSTHOM LIMITED イギリス国 シーヴィ21 1ティービー 、ウォリックシア、ラグビー、ミル ロード (番地なし) (74) 代理人 100079980 弁理士 飯田 伸行 (72) 発明者 グラハム リー フレム イギリス シーヴィ23 0エスエス、ウ オリックシア、ニア ラグビー、リルボ ーン、ヒルモートン レーン 11 審査官 櫻田 正紀</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動回転機の冷却機構

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の歯(109)と、複数の回転子バー受容スロット(118)と、該各回転子バー受容スロット内に挿入された回転子バー(111)を有する、かご形誘導機械のための回転子コアであって、

前記各歯の一方の外側コーナーに該回転子コアの軸方向の長手に沿って延長する通気ダクトを構成する切欠き(110)が形成されており、該切欠き(110)は、前記スロット(118)内に挿入された前記回転子バーの一側面の有意の一部分を該ダクトに露出させるような半径方向の深さを有しており、該各回転子バー(111)は、前記スロット(118)の上端を囲うように該回転子バーの頂面(119)に沿って延長して該バーに当接した、対応する前記歯(109)の一部分によって該スロット内に保持されていることを特徴とする回転子コア。

【請求項2】

前記各切欠き(110)は、該切欠きによって構成される前記ダクトが、前記各回転子バーから前記歯を幅方向に貫通して延長する熱経路(115)と交差し、該熱経路を中断して短くするように配置されている請求項1に記載の回転子コア。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の回転子コアと、複数の歯(101)を有する固定子コアとから成るかご形誘導機械であって、

前記固定子コアの前記各歯(101)は、それぞれ対応する1つ又は複数の軸方向の通

10

20

気ダクトを形成するように該固定子コアの軸方向の長手に沿って延長した1つ又は複数の開口(105)を有しており、該各歯の該1つ又は複数の開口の半径方向の総深さが、該歯の半径方向の深さの多部分を占めるように寸法づけされていることを特徴とするかご形誘導機械。

【請求項4】

前記固定子コアの各歯の前記開口は、該歯の半径方向の深さに沿って突き合わせ関係に配置された1対の開口(105)である請求項3に記載のかご形誘導機械。

【請求項5】

前記固定子コアの各歯の前記開口は、該歯の幅のほぼ中間に形成された穴(105)である請求項4に記載のかご形誘導機械。

10

【請求項6】

前記固定子コアの各歯の前記開口は、該歯の半径方向の一側縁に沿って形成された切欠き(120)である請求項4に記載のかご形誘導機械。

【請求項7】

前記固定子コアの各歯の前記開口は、該歯の半径方向の深さに沿って突き合わせ関係に配置された前記1対の開口と、該1対の開口に並置して該歯の半径方向の深さに沿って突き合わせ関係に配置された別の1対の開口を含む請求項4に記載のかご形誘導機械。

【請求項8】

前記固定子コアの各歯の前記開口は、穴である請求項7に記載のかご形誘導機械。

【請求項9】

前記固定子コアの各歯の前記2対の切欠きは、該歯の対向した半径方向の縁に沿って配置されている請求項7に記載のかご形誘導機械。

20

【請求項10】

前記固定子コアの各歯の前記開口は、該歯の幅に沿って並置された2つの開口であり、各開口は、該歯の深さの多部分に互って延長する半径方向の深さを有する請求項3に記載のかご形誘導機械。

【請求項11】

前記固定子コアの各歯の前記開口は、穴である請求項10に記載のかご形誘導機械。

【請求項12】

前記固定子コアの各歯の前記開口は、該歯の対向した半径方向の縁に沿って配置された切欠きである請求項10に記載のかご形誘導機械。

30

【請求項13】

前記固定子コアの各歯の1つ又は複数の開口によって創生される開口部は、該歯の半径方向の深さを越えて延長している請求項3、5、6、8、9、11及び12のいずれかに記載のかご形誘導機械。

【請求項14】

前記回転子コア及び前記固定子コアのうちのどちらか一方のコア又は両方のコアは、両端相似軸流通気機構に用いるための1つ又は複数の半径方向のダクトを備えている請求項4～13のいずれかに記載のかご形誘導機械。

【発明の詳細な説明】

40

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、電動回転機の軸流冷却機構に関し、特に、固定子及び回転子を空冷する型式の大型誘導機械の軸流冷却機構に関する。

【0002】

【従来の技術】

大型回転機の多くは、固定子及び回転子を冷却するためにいわゆる半径流通気を用いる。その一例が図1に示されている。図1に示されたかご形電動機(「回転機」又は単に「機械」とも称する)10は、多数のセクション13を有する固定子コア(単に「固定子」とも称する)11と、多数のセクション14を有する回転子コア(単に「回転子」とも称す

50

る) 12から成る。コア11, 12は、いずれも、多数の積層体で構成されている。固定子コア11に固定されており、回転子コア12は、荷重(図示せず)を駆動することができる軸16に固定されている。固定子コア11は、三相巻線17を有し、回転子コア12は、中実アルミニウム又は銅製回転子バー18を備えている。これらの回転子バー18は、その両端に1つずつ設けられた端部リング内に短絡結合されている。固定子コア11及び回転子コア12は、それらを冷却するために強制的に空気を通すための半径方向ダクト(通路)19を有している。

【0003】

機械10内の空気は、軸16に固定されたファン20によって該機械内を巡って循環される。詳述すれば、空気は、回転子コア12と軸16の間に位置する多数のダクト21を通して吸入されるとともに、固定子と回転子との間の空隙22を通して吸入され、次いで、ダクト19を通り、固定子コア11の後部23を回ってファン20へ戻される。この空気は、ファン20から固定子及び回転子の空気導入点へ至る途中で熱交換器24熱交換器24を通り、別のファン25によって機械の外部から供給される空気を冷却する。

10

【0004】

固定子コア11及び回転子コア12の積層体は、図2に概略的に示されるような形態に構成されている。固定子の積層体の各積層板(金属層と絶縁層とから成る)は、本体部分31と、多数の歯32を構成する。(実際の具体例では、大型回転機の歯の数は、図2に示される数よりはるかに多い。)これらの歯32の間に、三相巻線17(図1参照)を挿入するスロット33が画定される。

20

【0005】

回転子の積層体は、固定子のそれと同様な態様に構成されている。即ち、回転子の積層体の各積層板は、本体部分35と、多数の歯36を構成する。これらの歯32の間に画定されるスロット37は、中実バー18を受容するように付形されている。

【0006】

半径流通気は、大型回転機に有効に用いられてきたが、幾つかの欠点を有している。第1に、半径流構造の使用は、低レベルの通気を実施することを困難にすることである。なぜなら、回転子を冷却するためのダクト空間(通路)21を形成するとともに回転子を軸に固定するための特別の回転子アームを設ける必要がある一方、他方では半径方向のダクト19を画定するために個々の回転子セクションを分離するダクトスペーサ(例えば、I字形ビーム)を設ける必要があるからである。これらの両部材は、作動中回転子組立体に不均衡な力を発生し、振動を惹起するおそれがある。

30

【0007】

第2に、固定子と回転子の両方に半径方向のダクト19が設けられるので、特に固定子の半径方向ダクト19と回転子の半径方向ダクト19の2組の半径方向ダクトが互いに半径方向に整列して設けられている場合、機械の作動中に「サイレン」音が発生し易い。そのような騒音は、固定子のダクトと回転子のダクトを互いにずらせて配置するか、あるいは、固定子のダクトの数と回転子のダクトの数を異なる数とすることによって減少させることができる。しかしながら、それは、機械の製造を複雑にし、製造コストを増大させる。第3に、回転子コア12と軸16との間に通気ダクト21を設ける必要があるということは、回転子の直径を大きくしなければならず、その結果、機械の風損を増大させることを意味する。

40

第4に、空隙火花が発生する危険性が高くなる。

第5に、高速機械においては上述したダクトスペーサ(例えば、I字形ビーム)に及ぼされる力によって、それらのダクトスペーサがそれらが固定されている積層体の両端の積層板から離脱され易い。

【0008】

半径流通気方式には上述のような欠点が伴うので、軸流通気方式と称される技術も用いられてきた。従来周知の軸流通気方式の1例が図3に示されている。この方式では、空隙22に隣接した固定子11の各歯に通気ダクト40が設けられている。通気ダクト40は、

50

固定子の軸方向の全長に亘って延長しており、固定子コアの各種層板と巻線 17 を冷却するために通気ダクト 40 を通して強制的に空気が通気される。追加の冷却を得るために、固定子コア 11 及び回転子コア 12 の本体にそれぞれ形成された小さいダクト 41, 42 を通して空気を通気させることもできる。

【0009】

この方式は、回転子の直径を比較的小さくすることができるので風損を減少させることができるという軸流冷却の利点を享受することができるが、図 4 を参照して以下に説明するようにダクト 40 の仕様による欠点を有する。

図 4 は、図 3 の構造の部分図であり、固定子の歯 32 と、その両側の 2 つのスロット 33 を示す。各スロット 33 は、巻線挿通セクション 51 と、通気ダクトセクション 52 (図 3 ではダクト 40 として示されている) を有する。通気ダクトセクション 52 は、「トンネルスロット」とも称される。巻線挿通セクション 51 は、固定子巻線 53 を受容する。図示の例では、固定子巻線 53 は、各々、適当な接合手段によって結合された多数の長方形の導体で構成された 2 つのセクション 54 から成っている。これらの 2 つの巻線セクション 54 は、セパレータ (隔離板) 55 によって分離されている。巻線 53 は、スロット 33 に垂れ下がらないように固定子コア 11 又は回転子コア 12 の全長に亘って延設されたウエッジ 56 によって支持されている。図 4 には、回転子 12 のスロット 37 に挿入された回転子バー 18 も示されている。

【0010】

軸流空気流は、固定子巻線の水冷手段として大型の同期機械にも従来から用いられている。この構造は、図 5 に示されている。図 5 には、1 つの固定子歯 32 とそれに隣接する 2 つのスロット 33 が示されており、固定子歯 32 は、固定子コアの全長に亘って延長した 2 つの小さいダクト 61, 62 を有している。これらのダクトは、固定子の積層体のみの軸流空冷を行うためのものである。スロット 33 に挿通されている固定子巻線 (図示せず) の冷却は、巻線の導体を中空にし、それらの中空部に強制的に水を通流させることによって行われる。

【0011】

図 6 は、更に別の周知の軸流冷却構造を示す。この構成では、回転子 12 の回転子歯 37 に小径の空気ダクト 71 が形成されている。この方式での不十分な冷却作用を補充するために、追加の大径のダクト 72 が、回転子コアの本体に各回転子バー 18 の下に設けられている。かくして、ダクト 71 は、主として積層体を冷却して回転子バー 18 を若干冷却し、ダクト 72 は、主として回転子バー 18 から熱を奪う。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

上述した従来技術の軸流冷却方式は、一般に、固定子巻線又は回転子バーの空冷が不十分になるという欠点がある。まず、図 4 の軸流通気システムを例にとると、トンネルスロットの使用は、幾つかの理由で固定子巻線の冷却を不十分にしている。第 1 に、トンネルスロット 52 の断面積が比較的小さく、従って、冷却空気の流量を制限し、固定子の軸線に沿っての圧力効果を比較的大きくするという欠点がある。トンネルスロット 52 は、空気の通過量を増大するために深さを深くすることができるが、その場合、固定子コアの機械的強度を著しく損なわないようにするために巻線挿通セクション 51 の深さを浅くしなければならない。このことは、巻線 53 をより短く、太くしなければならず、従って、端部巻線 17 自体のところのクリアランスを最小限にするという要件を充足するために端部巻線 17 をより長くする必要がある。

第 2 に、空気に接触するトンネルスロット 52 の表面積が制限され、従って、冷却効率を低下させる。

第 3 に、巻線 53 及びそれに隣接する積層板の上方部分 57 は、トンネルスロット 52 への熱流経路 58 が長くなるので、スロット 33 のこれらの 2 つの部分 (通気ダクト部分 52 と巻線挿通部分 51) の間の温度勾配が高くなるという欠点を生じる。

【0013】

10

20

30

40

50

先に述べたように、図5に示される構成は、固定子コアに形成された小さい孔によって画定されるダクト61、62では十分な冷却が得られないので、固定子巻線を直接水冷によって冷却する必要がある。

【0014】

図6に例示された回転子冷却システムは、積層体の各積層板と回転子バーの両方を十分に冷却するために複雑な通気構造を必要とする。

【0015】

従って、本発明の目的は、電動回転機の固定子及び、又は回転子の軸流冷却機構において上述した欠点を克服又は軽減することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明は、その第1側面によれば、複数の歯と複数の回転子バー受容スロットを有する、かご形誘導機械のための回転子コアであって、前記各歯の外側コーナーに該回転子コアの軸方向の長手に沿って延長する通気ダクトを構成する切欠きを形成したことを特徴とする回転子コアを提供する。この構成は、局所的な空隙乱流を増大させ、固定子巻線と回転子バーの両方から循環空気への熱伝達を向上させるという利点を有する。更に、回転子の質量、従ってその慣性も減少される。又、そのような切欠きの使用は、回転子バーの高周波損失を減少させる働きをする。

【0017】

上記切欠きは、それに隣接するスロットの一部を上記ダクトに露出させるような深さとすることが好ましい。この構成は、該スロットに挿通された回転子バーの一部を冷却空気に直接露呈させるという効果を有し、それによって回転子バーの冷却効果を大いに増大させる。

【0018】

回転子の各歯は、その切欠かれていない側のコーナーが対応する回転子バーの頂縁（短い頂縁）を完全に囲うように付形することが好ましい。このことは、たとえ隣接する歯に上述したように切欠きが存在していても、その切欠きが、回転子バーの頂縁から積層板を欠如させることがないことを意味する。これは、回転子バーに完全な機械的支持を与え、従って、特に高速作動において回転子バーに対する圧潰応力を減少させるといった利点を有する。もう1つの利点は、回転子が故障で停止したとき、歯の切欠かれていない部分が放熱体の働きをすることである。このことは、回転子がロック即ち固着する（動かなくなる）と、回転子のスリップ頻度が最大限になり、回転子バーを流れる電流の大部分が回転子バーの頂端近くに集中することからして重要である。回転子バーの短い頂縁の全縁に沿って積層板を存在させることは、回転子バーに発生する熱の大部分を放散させる効果がある。

【0019】

本発明の第2側面によれば、複数の歯を有する、電動回転機のための固定子コアであって、前記各歯に1つ又は複数の開口が形成されており、それらの歯の該1つ又は複数の開口が協同してそれぞれ対応する軸方向の通気ダクトを構成し、各歯の該1つ又は複数の開口の半径方向の総深さが、該歯の半径方向の深さの多部分を占めるように寸法づけされていることを特徴とする固定子コアを提供する。

【0020】

本発明者等は、特に2極回転機においては、固定子の歯の磁束密度が比較的低く、それらの歯が十分に活用されていないことを認識した。そして、それらの歯にかなり大きい開口を設けることによって、巻線を冷却するための空気を流入させるためのダクトを形成することができるとともに、固定子コアの磁気性能が比較的阻害されないように保持することができることが判明した。

この方法によって惹起される固定子の歯の磁束密度の増大は、開口部の大きさを一定とした場合、上記スロットの幅を狭くし、それによって固定子の歯の磁束搬送幅を増大させることによって相殺するすることができる。スロットの幅を狭くすることは、又、固定子の端部巻線を短くすることができ、従って、機械をより小さくすることができることを意味

10

20

30

40

50

する。かくして、この構成は、回転子を担持する軸の長さを短くすることができるという利点を有し、従って、軸受の心間距離を短くし、軸の剛性を高くすることができる。

【0021】

前記歯に歯の深さ即ち高さ（スロットの深さと同じ）の多部分を占める開口部を設けることによって得られる主要な利点は、スロット内の巻線（又はかご形回転子の場合には回転子バー）の半径方向の深さ（厚さ）の実質的にどの点からも、隣接する歯に形成された冷却用ダクトへの経路が短くされ、それによって効率的な冷却を助成することである。これは、巻線の上方部分から通気用トンネルダクトへの通気経路が長い、例えば図4のトンネルスロットとは対照的である。

【0022】

上記1つ又は複数の開口の形態としては、いろいろな形態が可能であるが、ブリッジ部分によって互いに分離された2つの長方形又は台形の穴を歯の幅のほぼ中間に歯の半径方向の軸線に沿って突き合わせ関係に形成することが好ましい。あるいは、2対のそのような穴を歯の幅方向に並置し、互いに、かつ隣接するスロットから適当に離隔させて形成してもよい。

【0023】

固定子の積層体の各積層板に穴を穿設する代わりに、固定子コアを構成する各積層板に、その歯の一側縁、即ち、歯がその隣接するスロットと境をなす縁に沿って1つ又は複数の切欠きを形成してもよい。そのような切欠きは、上述した穴と同様の形態に形成することができる。即ち、好ましい実施例では、ブリッジ部分によって互いに分離された2つの長方形又は台形の切欠きを歯の半径方向の一側縁に沿って突き合わせ関係に形成する。あるいは、2対のそのような穴を歯の対向した両側縁に沿って形成してもよい。

【0024】

開口の更に別の可能な変型例として、単一の開口又は切欠きを歯の半径方向の深さ（高さ）の大部分に沿って延設してもよい。先の例の場合と同様に、この単一の開口は、歯の幅のほぼ中間に位置する穴としてもよく、あるいは、歯の半径方向の一側縁に沿って形成された切欠きであってもよい。ただし、後者の例は好ましい形態ではない。なぜなら、そのような切欠き構成は、隣接する巻線が切欠き内へずれこむのを防止することを困難にするからである。

【0025】

更に別の変型例として、2つの単一開口を並置して形成することができる。この場合もやはり、2つの長い穴を歯の幅方向に適当に離隔させて形成することが好ましい。2つの長い切欠きを歯の半径方向の両側縁に沿って形成する構成も可能であるが、それは、上述したように単一の切欠きを歯の半径方向の一側縁に沿って形成した場合と同様に、巻線が切欠き内へずれこむという欠点を有する。

【0026】

前記1つ又は複数の開口によって創生される開口部は、歯の半径方向の全高を越えて延長させることができる。この構成は、1つの歯当りの利用可能なダクト容積を増大させるという効果を有し、特に固定子の場合、固定子コアの磁束密度がそれによって過度にされない場合、あるいは、固定子コアの機械的剛性に対する配慮から制約を受けない限り可能な構成である。

【0027】

本発明の第3側面によれば、上述したような回転子コアを有することを特徴とする回転子組立体を提供し、本発明の第4側面によれば、上述したような固定子コアを有することを特徴とする固定子組立体を提供する。この回転子コア又は固定子コアは、両端相似軸流通気機構に用いるための1つ又は複数の半径流通気ダクトを備えたものとして形成することができる。この構成は、本発明を、大きな冷却容量を必要とする非常に大型の機械に適用しなければならない場合に有用である。

【0028】

本発明の第5側面によれば、上述したような回転子組立体を有することを特徴とする電動

10

20

30

40

50

回転機を提供し、本発明の第6側面によれば、上述したような固定子組立体を有することを特徴とする電動回転機を提供する。

本発明の第7側面によれば、上述したような回転子組立体と、固定子組立体を有することを特徴とする電動回転機を提供する。

固定子に上述した軸流通気ダクトを使用し、かつ、回転子の歯に上述した軸方向の切欠きを用いれば、特に優れた結果が得られることが認められた。

【0029】

【実施例】

図7を参照すると、本発明の好ましい実施例による固定子コア及び回転子コア組立体の部分図が示されている。これらの2つのコアは、2極かご形誘導電動機の一部であり、冷却は半径流通気ではなく、軸流通気によるものであるから、これらのコアは、単一のコアセクションから成っている。各コア（固定子コア及び回転子コアの各々）は、積層体の形に積重された多数の積層板から成る。固定子コアは、多数の固定子スロット102と、各隣接するスロット102によって画定された固定子歯101（図7には2つのスロットと1つの歯だけが示されている）を有し、スロット102内に2つの層に分割された巻線103が挿入されている。巻線103は、ウエッジ104によって所定位置に保持されている。

10

【0030】

固定子コアの各積層板の歯部分101には、ブリッジ片116によって互いに分離された穴105の形とした2つの開口が打抜かれており、それによって、固定子コアの軸方向長手に沿って各歯部分に2つの通気ダクトが形成され、歯部分を貫通して空気を流すことができるようになされている。ブリッジ片116は、歯101の十分な剛性を維持するのを助成する。上側の開口105は、固定子の本体に向かっての（図7でみて上方に向かっての）スロット102の半径方向の深さを越えて（即ち、スロットの最深部より深い位置にまで）延在するように形成されており、2つの開口105を突き合わせ関係に繋いだとした場合の合計の半径方向の深さが、スロット102の深さの2分の一より大となるように定められている。

20

【0031】

この機械の作動において、空気は、ファン（図示せず）により穴105から成る通気ダクトを通して強制的に通流され、各積層板の非常に短い熱経路106を経て巻線103から熱を奪う。これらの熱経路106は、固定子の軸線に沿って全長に互って平行に延長しており、各歯当りの総冷却表面積は、当該歯の2つの開口105の周囲長の測定値の和に固定子の軸方向の長さを乗じた値に等しい。これは、固定子歯の積層板のみならず、巻線103をも非常に効率的に冷却する効果を有する。冷却空気は、機械の周りに循環され、その熱を熱交換器へ放散する（図1参照）。

30

【0032】

それとともに、回転子コアを構成する積層体の各積層板の回転子歯109にも、開口110が形成されている。これらの開口110は、固定子の積層板に穿設された穴105と同様の態様で、回転子コアの軸方向の長手に沿って通気ダクトを構成する切欠きである。在来のかご形回転子の場合のように、回転子パー（単に「パー」とも称する）111が、回転子パー受容スロット（単に「回転子スロット」とも称する）118内に装着され、回転子コアの両端において互いに短絡されている。切欠き110の始点を各回転子パー111の半径方向の長手上的の1点112とすることによって、各パー111の一側面113の相当大きな部分が空気に露呈され、それによって、接触する空気によって直接的に冷却される。又、各パー111の他方の側面114も、比較的短い熱経路115によって切欠き列の次の切欠き110から分離されているに過ぎないので、やはりパー111を冷却するのを助成する。従って、この構成は、パー111及び回転子の各積層板からの熱の効率的な除去を可能にする。

40

【0033】

これに加えて、機械の運転中、各回転子積層板の切欠き110は、その始点112のどこ

50

るの空隙内の局部的乱流を増大させるので、回転子の各積層板及びバー 111 からの熱伝達を更に向上させる。

切欠き 110 のもう 1 つの効果は、回転子の質量、従って慣性を減少させることである。

【0034】

回転子バー 111 の頂面 119 に当接して積層板が存在することが、回転子のロック（固着）が起った場合に大いに役立つ。ロックした回転子がロックを起すと、その回転子バーを流れる電流が、隣接する歯の、切欠きの存在しない（切欠かれていない）コーナーに当接している回転子バーの上端部分に集中する。この状態では、歯の切欠かれていない側のコーナーが放熱体として機能し、該バーから熱を放散する働きをする。図 7 において、回転子バー受容スロット 118 の、回転子コアの周縁に最も近く、該周縁に平行な縁も、便宜上符号 119 で示されている。

10

【0035】

例えば図 7 の固定子組立体の総冷却表面積は、図 1 の従来の半径流通気式固定子組立体のそれと同程度ではないかと思われるかもしれないが、実際に本発明の試作設計品において開口 105 によって構成される固定子ダクトの表面積の合計を計算したところ、その有効冷却面積は、図 1 の周知の半径流通気システムの各固定子セクション 13 の積層板の大きな端面のうち、半径方向ダクト 19 に露呈される一見はるかに大きいとみられる表面積とほぼ等しいことが分かった。

【0036】

本発明のシステムと図 1 の従来のシステムの熱係数を比較すれば、本発明の利点が明白になる。図 1 から分かるように、固定子コアセクション 13 の中央部分の積層板（固定子の最も熱い部分であると考えられる）からの熱の伝導は、多数の絶縁積層板（固定子コアセクションの全厚の二分の一であり、ほぼ 25 mm の厚さ）を通して行われる。各積層板の熱伝導率は、約 2.2 W/mK である。しかしながら、本発明の構成によれば、固定子の最も熱い部分は巻線 103 であり、巻線からそれに最も近い空気流までの距離は、図 7 の実施例では、固定子コアの積層体のどの積層板においても約 6 又は 7 mm である。更に、本発明の構成においては熱は各積層板の平面を通して（即ち、金属層と絶縁層とから成る積層板の金属層だけを通して）流れ、積層板の全厚み（即ち、金属層と絶縁層）を通しては流れないので、熱伝導率の算出には、各積層板の金属層と絶縁層の熱伝導率ではなく、金属層の熱伝導率だけを用いなければならない。純粋な金属層の熱伝導率は、約 30 W/mK である。このことは、本発明においては、図 1 の従来の構成に比べて、合計で 5.5 倍（ $25/7 \times 30/2.2 = 5.5$ ）の冷却効率の利得が得られる。

20

30

【0037】

図 8 は、本発明による固定子組立体の第 2 実施例を示す。この実施例では、固定子の各積層板の歯 101 に 2 つの開口 120 が打抜かれている。これらの開口は、切欠き（凹穴）であり、スロット 102 に連続するもとして構成され、相当に狭められた半径方向の歯部分 121 を残すようになされているという点で図 7 に示された第 1 実施例の固定子組立体とは異なる。この構成は、図 7 の回転子切欠きと同様の態様で機能し、巻線 103 の一方の面 122 は、切欠き 120 によって構成される軸方向のダクトを通して流れる空気によって直接冷却され、巻線 103 の他方の面 123 は、隣の歯の切欠き 120 への短い熱経路を有する。

40

【0038】

固定子の開口は、図 8 に示される形状以外にも、いろいろな形状に形成することができる。それらの変型形状の例が、図 9 に示されている。図 9 (a) は、穴の形としたいろいろな形態の開口を示し、図 9 (b) は、切欠きの形としたいろいろな形態の開口を示す。それらの穴又は切欠きは、斜行線陰影で示されている。簡単に説明すると、図 9 (a) の左端に示されるように、単一の長い開口を用いることもできるが、図 9 (b) の左端に示される単一の切欠きの場合は、それに隣接するスロット内の巻線を係留するのを困難にするという難点がある。

図 9 (a) の中央に示されるように、2 つの細長い開口を並置することもできるが、これ

50

も、単一の長い開口の場合と同じ欠点を有する。

図9(a)の右端に示される例では、4つの開口が2対として並置されている。この例は、図7に示された固定子組立体の第1実施例に適用することができる。これらの各変型例は、図7及び8に例示された好ましい実施例と全く同じ態様で機能するので、これ以上詳しく説明しない。

【0039】

以上に固定子に関連して説明した開口は、回転子にも用いることができる。その例が図10に示される。図10の例では、第1実施例(図7)の固定子穴105と同様の態様で各回転子歯130に回転子パー111と111の間に位置する穴131が形成されている。この第2の実施例は、やはり効果的な空冷を行うことができるが、図7に示された開放切欠きに関連して先に述べた特有の利点(即ち、局所的な空隙乱流、漏れリアクタンス飽和の排除等)を欠いている。

10

【0040】

図11は、本発明による回転機の概略断面図であり、機械内に生じる空気の流れを示す。空気は、ファン20によって熱交換器24を通して圧送された後、右側から機械の画室内に進入し、3つの平行な流路A、B、Cに沿って流れる。Aは、固定子コアの本体の外側に軸方向に沿う流路であり、Bは、固定子歯を貫通した開口を通る流路であり、Cは、回転子歯の切欠き及び空隙を通る流路である。これらの空気流路がすべて平行であるということは、軸流通気の大きな利点の1つである。なぜなら、例えば固定子歯に過剰な熱が発生するが、固定子コアの国産にはほとんど熱が発生しないような場合は、流路Aに沿っての空気流を制限し、流路Bに沿っての空気流を増大させる等の高背を取ることができるからである。

20

【0041】

以上の説明では本発明による機械は、その固定子に上述したような開口を形成し、回転子にも上述したような切欠きを形成するものとして説明されたが、実際の実用においては、固定子と、回転子のどちらか一方だけに上述した開口又は切欠きを形成してもよい。例えば、図7の回転子冷却機構は、それを組み入れた機械の性能に多くの利点をもたらすので、その回転子冷却機構だけを既存の機械の在来の冷却機構(例えば、水冷巻線)を有する固定子と組み合わせて用いてもよい。

【0042】

又、上記開口によって構成されるダクトの冷却表面積を増大させるために、図12に示されるように開口に波形縁を付与することもできる。これらの波形は、製造が容易であるかどうかによって開口の長辺だけに付与してもよく、あるいは開口の全辺に付与してもよい。

30

【0043】

図13には、両端相似軸流通気機構の一例が示されている。この例では、固定子11は、3つの半径方向のダクト19を備えており、回転子は半径方向のダクトを備えていない。機械の両端においてファン20が軸16に取り付けられている。ファン20は、空気を図11に示されるA、B、Cの流路と同じ3つの流路に沿って同時に機械の両端に吸引する。固定子の歯のダクト及び回転子の歯のダクト及び空隙に沿って流れた空気は、機械の中心部分に達すると、半径方向ダクト19を通して圧送され、熱交換器24を通して回収された後、機械へ再循環される。

40

【0044】

【発明の効果】

本発明者等は、図7に示された原理を用いて3.7MW、60Hzの2極かご形誘導電動機を製作したところ、その性能は、あらゆる点で予想通りであるか、予想を上回るものであった。特に、冷却効果は非常に満足なものであり、1つには例えば風損が少ないために振動は最小限であり、騒音は極めて低いレベルである。いろいろなパラメータについて得られた実際の数値は以下の通りである。効率97.5%、振動<1mm/sec.、騒音78dBA。

50

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、半径流冷却を用いた従来の典型的な大型のかご形電動機の概略断面図である。

【図 2】図 2 は、典型的な固定子及び回転子積層体の概略図である。

【図 3】図 3 は、軸流通気機構を組み入れた周知の固定子及び回転子組立体の断面図である。

【図 4】図 4 は、固定子を冷却するためにトンネルスロットを使用する態様を示す図 3 の機構の部分端面図である。

【図 5】図 5 は、第 2 の周知の軸流冷却機構の固定子積層体の部分図である。

【図 6】図 6 は、第 3 の周知の軸流冷却機構の回転子積層体の部分図である。

10

【図 7】図 7 は、本発明による固定子組立体及び回転子組立体の第 1 実施例の部分端面図である。

【図 8】図 8 は、本発明による固定子組立体の第 2 実施例の部分端面図である。

【図 9】図 9 は、本発明による開口のいろいろな変型例を示す固定子積層体の部分端面図である。

【図 10】図 10 は、本発明による回転子組立体の第 2 実施例の部分端面図である。

【図 11】図 11 は、本発明による回転機の概略断面図であり、軸流冷却機構を示す。

【図 12】図 12 は、冷却用ダクトの利用可能な表面積を増大させるための開口形態を示す。

【図 13】図 13 は、本発明による回転機の概略断面図であり、両端が相似の軸流冷却機構を示す。

20

【符号の説明】

10 : かご形誘導電動機

11 : 固定子 (コア)

12 : 回転子 (コア)

16 : 軸

17 : 巻線

18 : 回転子バー

19 : 半径方向のダクト

20 : ファン

30

22 : 空隙

24 : 熱交換器

101 : 固定子の歯

102 : 固定子スロット

103 : 巻線

105 : 開口 (穴)

109 : 回転子の歯

110 : 開口 (切欠き)

116 : プリッジ片

118 : 回転子バー受容スロット (回転子バー受容スロット)

40

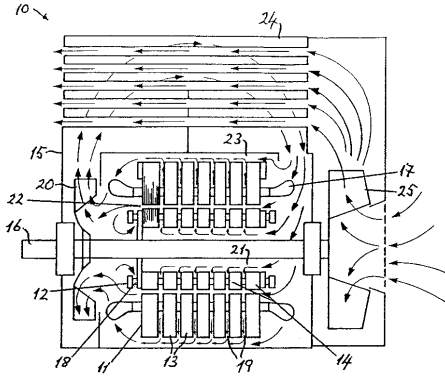
120 : 開口 (切欠き)

121 : 歯部分

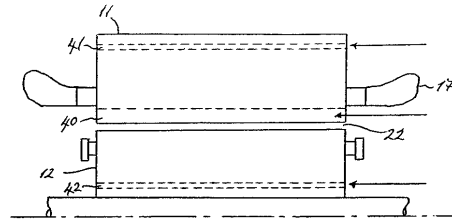
130 : 回転子の歯

131 : 穴

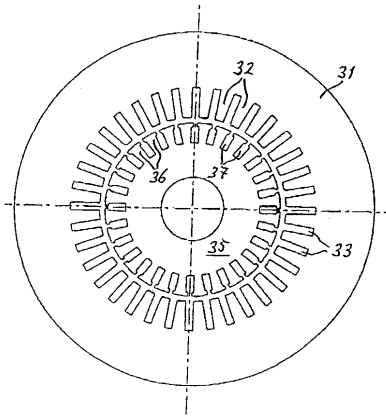
【 図 1 】



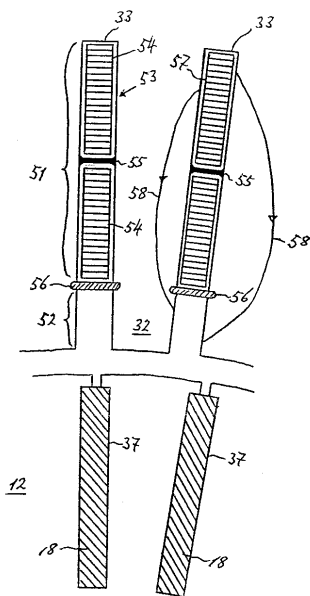
【 図 3 】



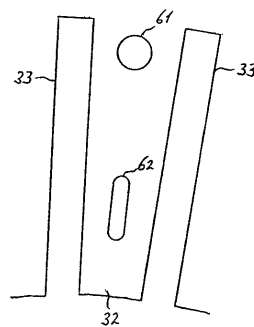
【 図 2 】



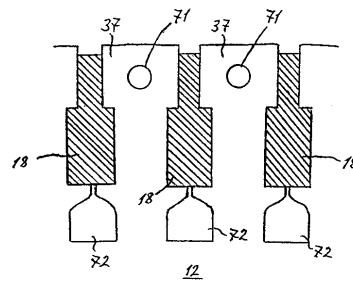
【 図 4 】



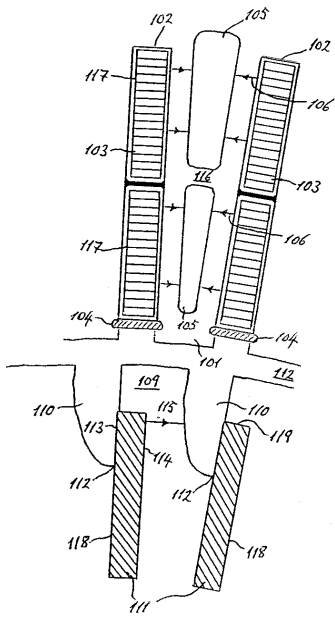
【 図 5 】



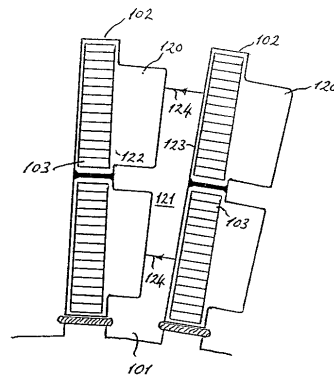
【 図 6 】



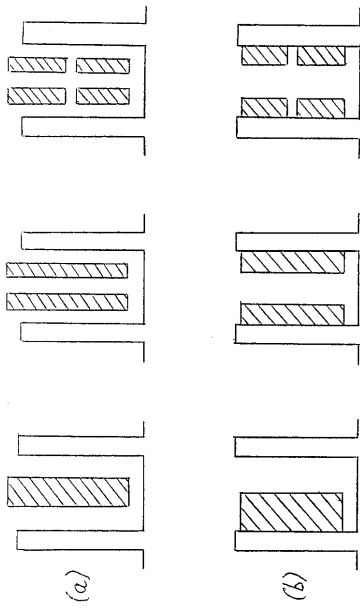
【 図 7 】



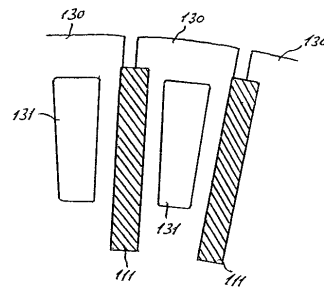
【 図 8 】



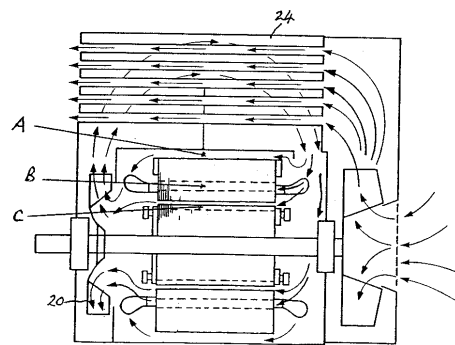
【 図 9 】



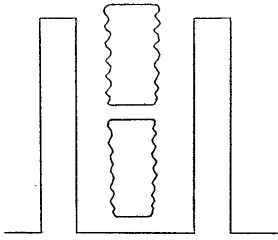
【 図 10 】



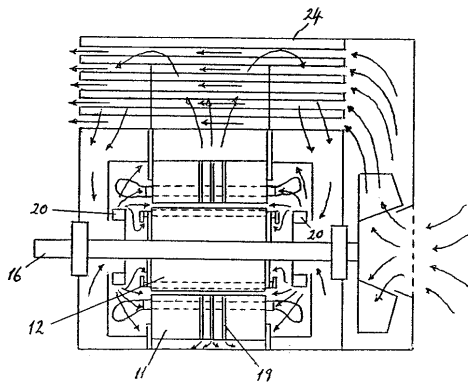
【 図 11 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 実開昭59-028251(JP,U)
独国特許出願公開第03048720(DE,A1)
実開昭57-007875(JP,U)
実開昭51-043304(JP,U)
実開平01-150462(JP,U)
独国特許出願公開第2365453(DE,A1)
独国特許発明第586175(DE,C2)
西独国特許出願公告第1090750(DE,B)
ソ連国特許発明第710090(SU,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷,DB名)

H02K 9/00- 9/28

H02K 1/00- 1/34

H02K 17/00-17/44