

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5920308号  
(P5920308)

(45) 発行日 平成28年5月18日 (2016. 5. 18)

(24) 登録日 平成28年4月22日 (2016. 4. 22)

(51) Int. Cl. F I  
H O 2 K 3 / 3 4 (2006. 01) H O 2 K 3 / 3 4 C

請求項の数 7 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-217285 (P2013-217285)                  (22) 出願日 平成25年10月18日 (2013. 10. 18)                  (65) 公開番号 特開2015-80368 (P2015-80368A)                  (43) 公開日 平成27年4月23日 (2015. 4. 23)                  審査請求日 平成27年4月20日 (2015. 4. 20)</p>	<p>(73) 特許権者 000004260                  株式会社デンソー                  愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地                  (74) 代理人 110000604                  特許業務法人 共立                  (72) 発明者 高橋 裕樹                  愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会                  社デンソー内                    審査官 小林 紀和</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

周方向に配列された複数のスロット(31, 131)を有する固定子コア(30)、及び前記固定子コアの前記スロットに巻装された複数の導体線(50, 150)からなる固定子巻線(40, 140)を有する固定子(20)と、前記スロットに充填されて前記スロット内に收容された前記導体線を固定する樹脂接着剤(45)と、前記固定子を冷却する液体冷媒を供給する冷媒供給手段(70, 80)と、を備えた回転電機において、

前記導体線は、導体素線(58)と、前記導体素線の外周を被覆する内層皮膜(59a)及び前記内層皮膜の外周を被覆する外層皮膜(59b)よりなる絶縁皮膜(59)と、を有し、

前記内層皮膜と前記樹脂接着剤の間に配置された前記外層皮膜の線膨張係数は、前記内層皮膜よりも大きく、前記樹脂接着剤よりも小さいことを特徴とする回転電機。

【請求項2】

前記樹脂接着剤は、前記固定子コアの軸方向両端面(30a, 130a)から前記スロットの外部にそれぞれ突出する前記固定子巻線のコイルエンド部(41, 42, 141, 142)に塗布されていることを特徴とする請求項1に記載の回転電機。

【請求項3】

前記固定子巻線(40)は、一对の直状部(51)と両前記直状部の一端同士を接続するターン部(52)とを有するU字形状の複数の導体セグメント(50)の一对の前記直状部を前記固定子コアの軸方向一端側から異なる前記スロットに挿入し、軸方向他端側に

延出した各前記直状部の他端をそれぞれ周方向に捻らせて斜行部(51b)を形成し、前記導体セグメントの所定の前記斜行部の先端部同士を接続することにより前記固定子コアに巻装されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の回転電機。

【請求項4】

前記固定子巻線(140)は、互いに平行に直状に延び長手方向に並列した複数のスロット収容部(151)と、隣り合う前記スロット収容部同士を前記スロット収容部の一端側と他端側とで交互に接続する複数のターン部(152)とを有する連続導体線(150)により形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の回転電機。

【請求項5】

前記ターン部は、前記固定子コアの軸方向端面に平行な段部(53, 56)を前記固定子コアの軸方向に複数有する階段形状に形成されていることを特徴とする請求項3又は4に記載の回転電機。

10

【請求項6】

前記冷媒供給手段(70)は、前記固定子コアの軸方向両端面から前記スロットの外部にそれぞれ突出する前記固定子巻線のコイルエンド部(41, 42)に冷却油を供給して前記固定子を冷却することを特徴とする請求項1～5の何れか一項に記載の回転電機。

【請求項7】

前記冷媒供給手段(80)は、前記固定子コアを内部に收容保持するハウジング(10)に設けられた冷媒通路(85)に冷却水を供給して前記固定子コアを冷却することを特徴とする請求項1～5の何れか一項に記載の回転電機。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両に搭載されて電動機や発電機として用いられる回転電機に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、回転電機の固定子として、周方向に配列された複数のスロットを有する固定子コアと、固定子コアのスロットに巻装された複数の導体線からなる固定子巻線と、を備えたものが知られている。この固定子においては、防振対策として、例えばワニス等の樹脂接着剤を、固定子巻線の導体線が收容されたスロット内に充填したり、固定子巻線のコイル

30

【0003】

そして、特許文献1には、外周にエナメル外層(エナメル皮膜)を有する複数の導体線のうちの少なくとも一部の導体線同士を互いに面接触させて積層するとともに、積層された複数の導体線の外周にPPS樹脂外層(樹脂接着剤)を設けてセグメントを形成し、このセグメントにより固定子巻線を形成することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-336725号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、回転電機の駆動時には、固定子巻線に電流が流れるため、固定子巻線を構成する導体線は、その電気抵抗に基づいて発熱し温度が上昇する。特に、多くの回転電機を搭載する車両などにおいては、環境温度と負荷状況が厳しく高温になり易い。このとき、導体素線の外周を被覆するエナメル皮膜とワニスとの間に線膨張係数の差があるため、温度上昇に伴う線膨張によりエナメル皮膜が破壊され、絶縁破壊に至る恐れがある。

【0006】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、熱応力による絶縁破壊の発生を防止

50

し得るようにした回転電機を提供することを解決すべき課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するためになされた本発明は、周方向に配列された複数のスロット（31，131）を有する固定子コア（30）、及び前記固定子コアの前記スロットに巻装された複数の導体線（50，150）からなる固定子巻線（40，140）を有する固定子（20）と、前記スロットに充填されて前記スロット内に収容された前記導体線を固定する樹脂接着剤（45）と、前記固定子を冷却する液体冷媒を供給する冷媒供給手段（70，80）と、を備えた回転電機において、前記導体線は、導体素線（58）と、前記導体素線の外周を被覆する内層皮膜（59a）及び前記内層皮膜の外周を被覆する外層皮膜（59b）よりなる絶縁皮膜（59）と、を有し、前記内層皮膜と前記樹脂接着剤の間に配置された前記外層皮膜の線膨張係数は、前記内層皮膜よりも大きく、前記樹脂接着剤よりも小さいことを特徴とする。

10

【0008】

この構成によれば、導体線は、導体素線と、導体素線の外周を被覆する内層皮膜及び内層皮膜の外周を被覆する外層皮膜よりなる絶縁皮膜と、を有し、内層皮膜と樹脂接着剤の間に配置された外層皮膜の線膨張係数は、内層皮膜よりも大きく、樹脂接着剤よりも小さい。そのため、回転電機の作動によって固定子巻線が発熱した際に、内層皮膜と樹脂接着剤の間に配置された外層皮膜が緩衝材となることで、内層皮膜と樹脂接着剤との線膨張係数の差に基づく熱応力による絶縁破壊の発生を防止することができる。また、固定子を冷却する液体冷媒を供給する冷媒供給手段を備えているため、線膨張係数の差に基づく熱応力による絶縁破壊の発生を、より確実に防止することができる。

20

【0009】

なお、この欄及び特許請求の範囲で記載した各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施形態1に係る回転電機を模式的に示す軸方向断面図である。

【図2】実施形態1に係る固定子コア及び回転子の平面図である。

【図3】実施形態1に係る固定子の斜視図である。

30

【図4】実施形態1に係る固定子巻線を構成する導体セグメントの斜視図である。

【図5】実施形態1に係る固定子巻線を構成する導体セグメントの断面図であって図4のV-V線矢視断面図である。

【図6】実施形態1に係る固定子の一部を断面で示す部分平面図である。

【図7】実施形態1に係る固定子巻線の第1コイルエンド部の一部を示す部分斜視図である。

【図8】実施形態1に係る固定子の第1コイルエンド部側の一部を示す部分平面図である。

【図9】実施形態2に係る固定子の斜視図である。

【図10】実施形態2に係る固定子コアの平面図である。

40

【図11】実施形態2に係る分割コアの平面図である。

【図12】実施形態2に係る連続導体線の全体形状を示す正面図である。

【図13】実施形態2に係る連続導体線のターン部の形状を示す斜視図である。

【図14】実施形態2に係る固定子の一部を断面で示す部分平面図である。

【図15】他の実施形態に係る回転電機の要部を示す部分断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明に係る回転電機の実施形態について図面を参照して具体的に説明する。

【0012】

〔実施形態1〕

50

図 1 に示す回転電機 1 は、車両用のインナロータ型電動発電機であって、ハウジング 10、回転軸 13、回転子 14、固定子コア 30 及び固定子巻線 40 を有する固定子 20、電力変換装置 60、冷媒供給手段 70 などを備えている。回転電機 1 と電力変換装置 60 は、入出力線 17 等で接続されている。回転電機 1 のハウジング 10 と電力変換装置 60 のケース部材（図示せず）とは、個別に形成されて固定手段で固定されるか、一体に形成される。前者の固定手段は、例えばボルト・ナット、雄ねじ・雌ねじ、貫通穴・割ピン、溶接などの接合、端片のかしめなどが該当する。これらのうちで二以上の手段を適宜に選択して組み合わせて固定してもよい。なお、入出力線 17 は、後述する固定子巻線 40 を構成する導体セグメント 50 を延伸させたものであってもよい。

【 0 0 1 3 】

回転軸 13 は、軸受け 11（ベアリングなど）を介してハウジング 10 に回転可能に支持されている。回転軸 13 は、回転子 14 の中心部に上記固定手段によって固定されるか、あるいは一体に形成される。いずれの構成にせよ、回転軸 13 と回転子 14 は、協働して回転する。図 2 に示すように、回転子 14 の外周面の磁極位置には、周方向に沿って極性が交互となるように永久磁石 15 が埋設されている。本実施形態では、磁極数が 8 極（N 極：4、S 極：4）の回転子 14 が採用されている。

【 0 0 1 4 】

固定子 20 は、図 3 に示すように、回転子 14 の外周側に径方向に対向して配置された円環状の固定子コア 30 と、固定子コア 30 に巻装された三相（U 相、V 相、W 相）の固定子巻線 40 とを備えている。この固定子 20 は、固定子コア 30 の内周面が回転子 14 の外周面と所定のエアギャップを介して対面するようにして、上記固定手段によってハウジング 10 に固定されている。

【 0 0 1 5 】

固定子コア 30 は、複数の電磁鋼板を軸方向に積層して円環状に形成されている。この固定子コア 30 は、外周側に位置する円環状のバックコア部 32 と、バックコア部 32 から径方向内方へ突出し周方向に所定距離を隔てて配列された複数のティース 33 とからなる。隣り合うティース 33 の周方向に対向する側面同士の間には、固定子コア 30 の内周面に開口し径方向に延びるスロット 31 が形成されている。

【 0 0 1 6 】

スロット 31 の数（スロット数  $S_n$ ）は、スロット倍数  $S$ （ $S$  は正の整数）を 2 とし、回転子 14 の磁極数  $M_n$ （ $M_n$  は正の整数）を 8 極とし、相数  $p$ （ $p$  は正の整数）を 3 相とすると、本実施形態の場合には、 $S_n = S \times M_n \times p = 2 \times 8 \times 3 = 48$  になる。

【 0 0 1 7 】

固定子コア 30 に巻装された固定子巻線 40 は、導体線として用いられる U 字形状に形成された複数の導体セグメント 50 を所定のパターンで接続することにより形成されている。U 字形状の導体セグメント 50 は、図 4 に示すように、互いに平行な一对の直状部 51 と、両直状部 51 の一端同士を接続するターン部 52 とを有する。なお、一部の導体セグメント 50 の先端部 51c には、図 4 の二点鎖線で示すようなターミナル T が備えられる。

【 0 0 1 8 】

ターン部 52 は、固定子コア 30 の軸方向端面 30a に平行な段部 53、56 を固定子コア 30 の軸方向に複数有する階段形状に形成されている。階段状部位の 1 段の高さ  $H$  は、任意に設定してよい。当該高さ  $H$  は、導体セグメント 50 の厚み  $T_h$  と概ね等しくすると、径方向にターン部 52 同士を積み重ね易くなる。階段状部位の段数は任意に設定してよく、例えば一对の直状部 51 相互間の幅に応じて段数を設定してよい。また、段部 53、56 は、導体線同士の接触を避けるために全体または一部を 5 度～15 度程度、浅く曲げてよい。

【 0 0 1 9 】

ターン部 52 の中央部に位置する頭頂段部 53 には、ターン部 52 の両端を互いに径方向反対側へずらすためにクランク状に曲げられたクランク部 54 が形成されている。クラ

10

20

30

40

50

ンク部 5 4 は、固定子コア 3 0 の軸方向端面 3 0 a からの突出高さが最も高くなる頭頂段部 5 3 に形成されている。径方向にずらす量は任意に設定してよい。導体セグメント 5 0 の幅  $W_d$  と概ね等しくすると、径方向に複数の導体セグメント 5 0 をずらし易くなる。なお、導体セグメント 5 0 は、階段状の形状を有さず、クランク状に曲げられたクランク部 5 4 だけを持つものであってもよい。

#### 【 0 0 2 0 】

U 字形の導体セグメント 5 0 は、一对の直状部 5 1 が固定子コア 3 0 の所定の 1 磁極ピッチ離れた 2 個のスロット 3 1 内に軸方向一端側から挿入される。このようにして、全スロット 3 1 に対して所定数の導体セグメント 5 0 の直状部 5 1 が、予め定められた配置順序に従って順次挿入配置され、U 相、V 相及び W 相毎に積層される。本実施形態の場合、図 6 に示すように、各スロット 3 1 内において合計 1 0 本の直状部 5 1 ( 図 4 におけるスロット収容部 5 1 a ) が径方向 1 列に積層配置される。

10

#### 【 0 0 2 1 】

その後、スロット 3 1 から軸方向他端側へ延出した各直状部 5 1 の開放端部が、互いに周方向反対側へ所定の角度をもって斜めに斜行するように捻られて、概ね半磁極ピッチ分の長さの斜行部 5 1 b ( 図 4 参照 ) が形成される。そして、固定子コア 3 0 の軸方向他端側において、導体セグメント 5 0 の所定の斜行部 5 1 b の先端部 5 1 c 同士や、先端部 5 1 c とターミナル T とが溶接等により接合されて所定のパターンで電氣的に接続される。即ち、Y ( スター ) 結線、( デルタ ) 結線、Y - 混成結線の何れかが形成されるように、所定の導体セグメント 5 0 同士が接続されることにより、固定子コア 3 0 のスロット 3 1 に巻装された 3 本の相巻線 ( U 相、V 相、W 相 ) を有する固定子巻線 4 0 が形成される。

20

#### 【 0 0 2 2 】

なお、先端部 5 1 c の相互間や、先端部 5 1 c とターミナル T との間における接続は、例えばハンダ付けや溶接等による接合が好ましい。溶接には、融接 ( 例えばガス溶接、アーク溶接、エレクトロスラグ溶接、電子ビーム溶接、レーザービーム溶接等 )、圧接 ( 抵抗溶接や鍛接等 ) を含む。

#### 【 0 0 2 3 】

このようにして固定子コア 3 0 に巻装された固定子巻線 4 0 の軸方向一端側には、固定子コア 3 0 の軸方向一端側の端面 3 0 a からスロット 3 1 の外部に突出した複数のターン部 5 2 により全体としてリング状の第 1 コイルエンド部 4 1 が形成される。また、固定子巻線 4 0 の軸方向他端側には、固定子コア 3 0 の軸方向他端側の端面 3 0 a からスロット 3 1 の外部に突出した複数の斜行部 5 1 b 及び先端部 5 1 c により全体としてリング状の第 2 コイルエンド部 4 2 が形成される。

30

#### 【 0 0 2 4 】

その後、固定子コア 3 0 に巻装された固定子巻線 4 0 は、図 6 に示すように、スロット 3 1 内に充填されて固化したワニス ( 樹脂接着剤 ) 4 5 によって、各スロット 3 1 内に径方向 1 列に収容された 1 0 層のスロット収容部 5 1 a が固定子コア 3 0 に固定される。また、本実施形態では、固定子巻線 4 0 の第 1 及び第 2 コイルエンド部 4 1 , 4 2 にも、防振のために上記と同じワニス 4 5 が塗布されている。

40

#### 【 0 0 2 5 】

即ち、図 7 及び図 8 には、第 1 コイルエンド部 4 1 の一部が示されており、この場合には、径方向に隣接するターン部 5 2 の間に形成された隙間に入り込んで固化したワニス 4 5 によって、第 1 コイルエンド部 4 1 の強度が高められている。なお、図示はしないが、第 2 コイルエンド部 4 2 の斜行部 5 1 b 及び先端部 5 1 c もワニス 4 5 で同様に強度が高められている。ワニス 4 5 としては、例えば、線膨張係数が  $( 5 5 \sim 1 0 0 ) \times 1 0^{-6}$  / 程度の不飽和ポリエステル、アルキド、エポキシ等のうちから選択した樹脂を採用することができる。

#### 【 0 0 2 6 】

固定子巻線 4 0 を構成する導体セグメント 5 0 は、図 5 に示すように、矩形断面の銅製

50

の導体素線 5 8 と、内層皮膜 5 9 a 及び外層皮膜 5 9 b よりなり導体素線 5 8 の外周を被覆する絶縁皮膜 5 9 とを有する平角線で形成されている。内層皮膜 5 9 a は、例えば、線膨張係数が  $30 \times 10^{-6} /$  程度のポリイミド ( P I ) やポリアミドイミド ( P A I ) 等の樹脂で形成されている。また、外層皮膜 5 9 b は、例えば、線膨張係数が  $30 \times 10^{-6} /$  程度のポリエーテルエーテルケトン ( P E E K ) 等の樹脂で形成されている。

#### 【 0 0 2 7 】

即ち、本実施形態の場合には、外層皮膜 5 9 b の線膨張係数は、内層皮膜 5 9 a のそれよりも大きく、ワニス 4 5 のそれよりも小さくなるように設定されている。これにより、回転電機 1 の作動によって固定子巻線 4 0 が発熱した際に、外層被膜 5 9 b が緩衝材となることで、内層被膜 5 9 a とワニス 4 5 との線膨張係数の差に基づく熱応力による絶縁破壊の発生が防止される。

10

#### 【 0 0 2 8 】

また、内層皮膜 5 9 a と外層皮膜 5 9 b とを合わせた絶縁皮膜 5 9 の厚みは、 $100 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$  の範囲に設定されている。このように、内層皮膜 5 9 a 及び外層皮膜 5 9 b からなる絶縁皮膜 5 9 の厚みが厚いので、導体セグメント ( 導体線 ) 5 0 同士を絶縁するために導体セグメント ( 導体線 ) 5 0 同士の間に絶縁紙等を挟み込んで絶縁する必要がない。

#### 【 0 0 2 9 】

次に、固定子 2 0 に液体冷媒を供給する冷媒供給手段 7 0 について説明する。本実施形態の冷媒供給手段 7 0 は、図 1 に示すように、固定子巻線 4 0 の第 1 及び第 2 コイルエンド部 4 1 , 4 2 に例えば A T F ( 冷却油 ) などの液体冷媒 ( 図示せず ) を滴下するノズル 7 1 と、各ノズル 7 1 に液体冷媒を搬送するポンプ 7 2 と、回収された液体冷媒の熱を放出させる放熱器 7 3 と、を備えている。これらノズル 7 1 、ポンプ 7 2 及び放熱器 7 3 は、液体冷媒搬送用の配管で接続されており、液体冷媒の循環回路上に設置されている。

20

#### 【 0 0 3 0 】

本実施形態では、ポンプ 7 2 から吐出された液体冷媒が、放熱器 7 3 を経由して各ノズル 7 1 に搬送され、各ノズル 7 1 から固定子巻線 4 0 の第 1 及び第 2 コイルエンド部 4 1 , 4 2 に滴下される。滴下された液体冷媒は、固定子巻線 4 0 を伝って固定子 2 0 を冷却しつつ落下し、ハウジング 1 0 の底部に設けられた導出口 7 4 からポンプ 7 2 に戻された後、再びポンプ 7 2 から吐出されて循環回路を循環するようにされている。

30

#### 【 0 0 3 1 】

以上のように構成された回転電機 1 は次のように作動する。図 1 において、電力変換装置 6 0 から供給される電力変換された駆動電流に基づいて固定子 2 0 を励磁させると、その励磁作用によって回転トルク ( 動力となる場合を含む ) が発生して回転子 1 4 が回転する。この場合、回転電機 1 は電動機として作動する。発生した回転トルクは、回転子 1 4 と回転軸 1 3 を介して回転体 ( 例えば車輪やプロペラ等 ) に出力される。回転軸 1 3 と回転体との間に動力伝達機構を介在させてもよい。当該動力伝達機構には、例えばシャフト、カム、ラック & ピニオン、歯車 ( ギア ) などのうちで一以上を含む。

#### 【 0 0 3 2 】

また、電力変換装置 6 0 が電力変換信号を出力せず、かつ、回転体が回転力 ( 動力を含む ) を発生する場合には、回転体の回転力を受けて回転子 1 4 も回転するので、固定子 2 0 の導体セグメント ( 導体線 ) 5 0 に逆起電力が発生する。発生した逆起電力 ( 回生電力 ) は、電力変換装置 6 0 を介してバッテリーに充電することができる。この場合、回転電機 1 は発電機として作動する。

40

#### 【 0 0 3 3 】

このように回転電機 1 が、電動機又は発電機のいずれの場合であっても、固定子 2 0 の固定子巻線 4 0 が通電されることによって発熱する。本実施形態の回転電機 1 は、電動機又は発電機としての作動を開始すると同時に、冷媒供給手段 7 0 も作動を開始する。これにより、ポンプ 7 2 から吐出された液体冷媒が、各ノズル 7 1 から固定子巻線 4 0 の第 1 及び第 2 コイルエンド部 4 1 , 4 2 に滴下され、固定子巻線 4 0 及び固定子コア 3 0 の表

50

面を流通することによって、固定子巻線 40 及び固定子コア 30 を効率良く冷却する。

【0034】

このとき、固定子巻線 40 を構成する導体セグメント 50 の外層皮膜 59b の線膨張係数が、内層皮膜 59a のそれよりも大きく、ワニス 45 のそれよりも小さくなるように設定されている。これにより、回転電機 1 の作動によって固定子巻線 40 が発熱した際に、外層被膜 59b が緩衝材となることで、内層被膜 59a とワニス 45 との線膨張係数の差に基づく熱応力による絶縁破壊の発生が防止される。

【0035】

以上のように、本実施形態の回転電機 1 によれば、導体セグメント 50 の外層皮膜 59b の線膨張係数が、内層皮膜 59a のそれよりも大きく、ワニス 45 のそれよりも小さくなるように設定されている。そのため、回転電機 1 の作動によって固定子巻線 40 が発熱した際に、内層皮膜 59a とワニス 45 との線膨張係数の差に基づく熱応力による絶縁破壊の発生をより確実に防止することができる。

10

【0036】

また、本実施形態では、固定子巻線 40 の第 1 及び第 2 コイルエンド部 41, 42 も塗布されたワニス 45 で固定されているので、第 1 及び第 2 コイルエンド部 41, 42 においても、内層皮膜 59a とワニス 45 との線膨張係数の差に基づく熱応力による絶縁破壊の発生をより確実に防止することができる。

【0037】

特に、本実施形態では、冷媒供給手段 70 により、第 1 及び第 2 コイルエンド部 41, 42 に冷却油を直接滴下して固定子巻線 40 を冷却するようにしているため、内層皮膜 59a とワニス 45 との線膨張係数の差に基づく熱応力による絶縁破壊の発生を、更により確実に防止することができる。

20

【0038】

なお、本実施形態では、ワニス 45 による固定子巻線 40 の固定を各スロット 31 に收容されたスロット收容部 51a と第 1 及び第 2 コイルエンド部 41, 42 の両方で行うようにしているが、各スロット 31 に收容されたスロット收容部 51a の十分な固定強度が得られる場合には、第 1 及び第 2 コイルエンド部 41, 42 のワニス 45 による固定を省略してもよい。

【0039】

また、本実施形態の固定子巻線 40 は、複数の導体セグメント 50 を所定の状態に接続して形成されたセグメント型のものであるため、第 2 コイルエンド部 42 を構成する導体セグメント 50 の斜行部 51b は、周方向に捻られる際に 3 次元的な力が掛かる。そのため、3 次元的な力を受けた特定部位により多くの力が集中して掛かり、熱応力による応力集中によって絶縁破壊が発生する虞がある。しかし、本実施形態の場合には、その熱応力の影響を緩和するように構成されているので、セグメント型の固定子巻線 40 において上記の作用及び効果を優位に発揮させることができる。

30

【0040】

また、本実施形態では、固定子巻線 40 を構成する導体セグメント 50 のターン部 52 が階段形状に形成されていることから、第 1 コイルエンド部 41 を構成する各ターン部 52 が相対変位し難い（動き難い）状態に組み付けられている。そのため、固定子巻線 40 が発熱した際に、導体セグメント 50 の線膨張による伸びの動きがスロット收容部 51a に起き易くなる。しかし、本実施形態の場合には、その熱応力の影響を緩和するように構成されているので、スロット 31 内において上記の作用及び効果を優位に発揮させることができる。

40

【0041】

〔実施形態 2〕

実施形態 2 に係る回転電機 1 の固定子 120 について図 9 ~ 図 14 を参照して説明する。実施形態 2 の固定子 120 は、実施形態 1 と同様にインナロータ型電動発電機として用いられる回転電機 1（図 1 参照）に搭載されるものである。この固定子 120 は、図 9 に

50

示すように、周方向に分割された複数の分割コア 132 を円環状に組み付けてなる固定子コア 130 と、固定子コア 130 に巻装された複数の連続導体線 150 よりなる固定子巻線 140 と、を備えている。

【0042】

固定子コア 130 は、図 10 に示すように、所定数（実施形態 2 では 24 個）の分割コア 132 を周方向に連結して円環状に形成されており、その外周に焼ばめによって嵌合された外筒 137（図 9 参照）により円環状に固定（保形）されている。固定子コア 130 の内周側には、周方向に配列された複数のスロット 131 が形成されている。複数のスロット 131 は、その深さ方向が径方向と一致するように形成されている。スロット 131 の数（スロット数  $S_n$ ）は、実施形態 1 と同様に、 $S_n = S \times M_n \times p = 2 \times 8 \times 3 = 48$  である。

10

【0043】

分割コア 132 は、一つのスロット 131 を区画するとともに、周方向で隣接する分割コア 132 との間で一つのスロット 131 を区画する形状を呈している。具体的には、分割コア 132 は、図 11 に示すように、径方向内方に延びる一对のティース 134 と、ティース 134 を径方向外方で連結するバックコア部 133 とを有している。この分割コア 132 は、複数の電磁鋼板を固定子コア 130 の軸方向に積層して形成されている。

【0044】

固定子巻線 140 は、所定の波形形状に成形した所定数（実施形態 2 では 12 本）の連続導体線 150 を所定の状態に積み重ねて帯状の導線集積体を形成し、その導線集積体を渦巻き状に巻き付けることにより円筒状に形成されている。

20

【0045】

固定子巻線 140 を構成する連続導体線 150 は、図 12 に示すように、互いに平行に直状に延び長手方向に並列した複数のスロット収容部 151 と、隣り合うスロット収容部 151 同士をスロット収容部 151 の一端側と他端側とで交互に接続する複数のターン部 152 とを有し、1本の長さは約 3 m である。

【0046】

連続導体線 150 のターン部 152 は、図 13 に示すように、実施形態 1 のターン部 52 と同様に、固定子コア 130 の軸方向端面 130 a に平行な段部 153、156 を固定子コア 130 の軸方向に複数有する階段形状に形成されている。ターン部 152 の中央部に位置する頭頂段部 153 には、ターン部 152 の両端を互いに径方向反対側へずらすためにクランク状に曲げられたクランク部 154 が形成されている。クランク部 154 は、固定子コア 130 の軸方向端面 130 a からの突出高さが最も高くなる頭頂段部 153 に形成されている。なお、連続導体線 150 のターン部 152 の形成方法は、実施形態 1 の導体セグメント 50 のターン部 52 の形成方法に準じる。

30

【0047】

この連続導体線 150 は、実施形態 1 の導体セグメント 50 と同じ平角線で形成されている。即ち、連続導体線 150 は、図 5 に示すように、矩形断面の銅製の導体素線 58 と、内層皮膜 59 a 及び外層皮膜 59 b よりなり導体素線 58 の外周を被覆する絶縁皮膜 59 とを有する。

40

【0048】

固定子巻線 140 と固定子コア 130 との組み付けは、円筒状に成形された固定子巻線 140 の外周側から各分割コア 132 のティース 134 を挿入して、全ての分割コア 132 を固定子巻線 140 に沿って円環状に配置した後、分割コア 132 の外周に円筒状の外筒 137 を嵌合することにより行われる。これにより、固定子巻線 140 は、各連続導体線 150 の所定のスロット収容部 151 が固定子コア 130 の所定のスロット 131 内に収容された状態に組み付けられる。

【0049】

この場合、各連続導体線 150 のスロット収容部 151 は、所定のスロット数（実施形態 2 では 3 相 × 2 個（倍スロット） = 6 個）ごとのスロット 131 に収容されている。ま

50

た、連続導体線 150 のターン部 152 は、固定子コア 130 の軸方向両端面 130 a からそれぞれ突出し、その突出している多数のターン部 152 により、固定子巻線 140 の軸方向両端部に第 1 及び第 2 コイルエンド部 141, 142 が形成されている (図 9 参照)。

#### 【0050】

また、実施形態 2 の場合には、図 14 に示すように、各スロット 131 内において合計 12 本のスロット収容部 151 が径方向 1 列に積層配置されている。そして、固定子コア 130 に巻装された固定子巻線 140 は、スロット 131 内に充填されて固化したワニス (樹脂接着剤) 45 によって、各スロット 131 内に径方向 1 列に収容された 10 本のスロット収容部 151 が固定子コア 130 に固定されている。また、固定子巻線 140 の第 1 及び第 2 コイルエンド部 141, 142 も、実施形態 1 の場合と同様に、防振のために上記と同じワニス 45 で固定されている。

10

#### 【0051】

なお、実施形態 2 の場合にも、外層皮膜 59 b の線膨張係数が、内層皮膜 59 a のそれよりも大きく、ワニス 45 のそれよりも小さくなるように設定されていることは、実施形態 1 の場合と同様である。

#### 【0052】

以上のように構成された実施形態 2 の回転電機 1 によれば、導体セグメント 50 の外層皮膜 59 b の線膨張係数が、内層皮膜 59 a のそれよりも大きく、ワニス 45 のそれよりも小さくなるように設定されている。そのため、回転電機 1 の作動によって固定子巻線 40 が発熱した際に、内層皮膜 59 a とワニス 45 との線膨張係数の差に基づく熱応力による絶縁破壊の発生をより確実に防止することができる等、実施形態 1 と同様の作用及び効果を奏する。

20

#### 【0053】

〔他の実施形態〕

本発明は、上記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変更することが可能である。

#### 【0054】

例えば、上記実施形態 1 で用いられた冷媒供給手段 70 に代えて、図 15 に示す水冷式の冷媒供給手段 80 に変更することができる。この冷媒供給手段 80 は、固定子コア 30 を内部に収容保持するハウジング 10 に周方向に一周するように設けられた冷媒通路 85 と、導入口 81 から冷媒通路 85 に冷却水 (液体冷媒) を搬送するポンプ 82 と、回収された冷却水の熱を放出させる放熱器 83 と、を備えている。これら冷媒通路 85、ポンプ 82 及び放熱器 83 は、冷却水搬送用の配管で接続されており、冷却水の循環回路上に設置されている。

30

#### 【0055】

この冷媒供給手段 80 では、ポンプ 82 から吐出された冷却水が、放熱器 83 を経由して導入口 81 から冷媒通路 85 に搬送され、冷媒通路 85 を流通する冷却水によりハウジング 10 及びこれに接触する固定子コア 30 が冷却される。その後、冷却水は、ハウジング 10 の底部に設けられた導出口 84 からポンプ 82 に戻された後、再びポンプ 82 から吐出されて循環回路を循環するようにされている。この冷媒供給手段 80 の場合にも、固定子 20 の冷却を良好に行うことができる。

40

#### 【0056】

また、上記の実施形態 1 では、回転子 14 が固定子 20 の内側に配置されるインナロータタイプの回転電機の例を説明したが、回転子 14 が固定子 20 の外側に配置されるアウトロータタイプの回転電機にも、本発明を適用することができる。

#### 【0057】

また、上記の実施形態 1 では、本発明に係る回転電機の固定子 20 を、電動機と発電機を選択的に使用し得る回転電機に適用した例を説明したが、電動機や発電機として単独に機能する回転電機にも、本発明を適用することができる。

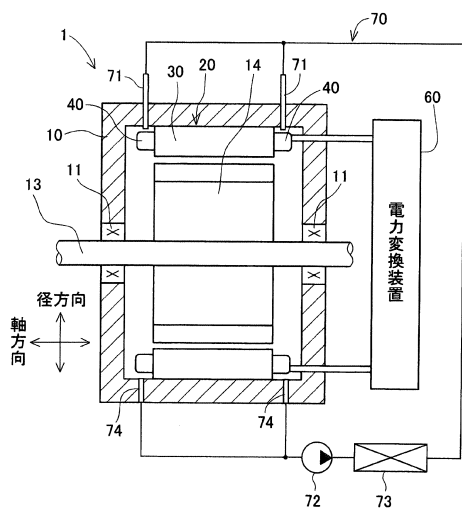
50

【符号の説明】

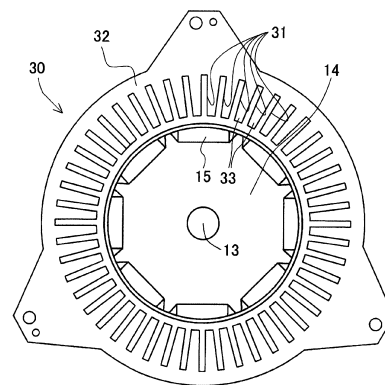
【0058】

1 ... 回転電機、 10 ... ハウジング、 14 ... 回転子、 20, 120 ... 固定子、 30, 130 ... 固定子コア、 31, 131 ... スロット、 40, 140 ... 固定子巻線、 41, 141 ... 第1コイルエンド部、 42, 142 ... 第2コイルエンド部、 45 ... ワニス（樹脂接着剤）、 50 ... 導体セグメント（導体線）、 150 ... 連続導体線、 51 ... 直状部、 51a, 151 ... スロット収容部、 51b ... 斜行部、 51c ... 先端部、 52, 152 ... ターン部、 53 ... 頭頂段部、 56 ... 段部、 58 ... 導体素線、 59 ... 絶縁皮膜、 59a ... 内層皮膜、 59b ... 外層皮膜、 70, 80 ... 冷媒供給手段、 85 ... 冷媒通路。

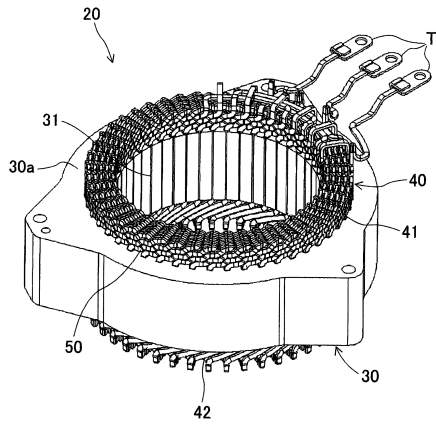
【図1】



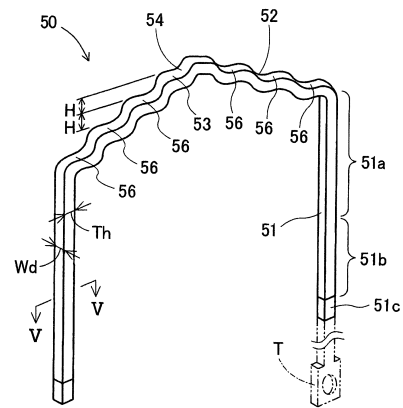
【図2】



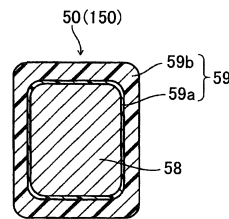
【 図 3 】



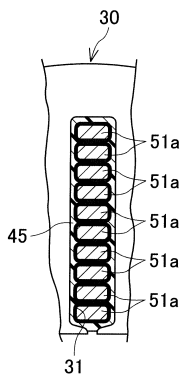
【 図 4 】



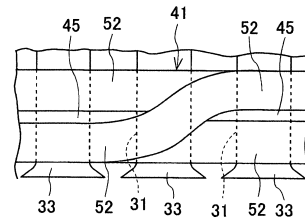
【 図 5 】



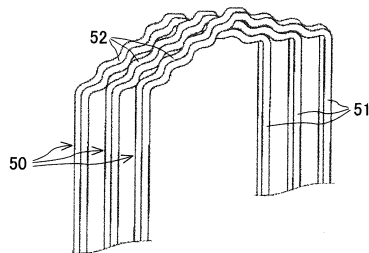
【 図 6 】



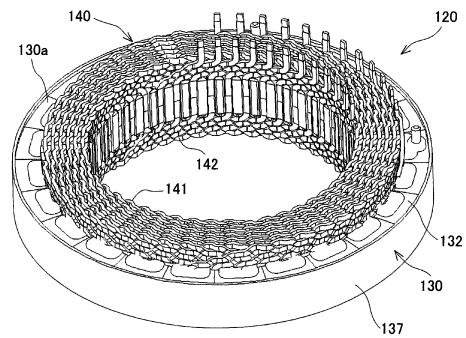
【 図 8 】



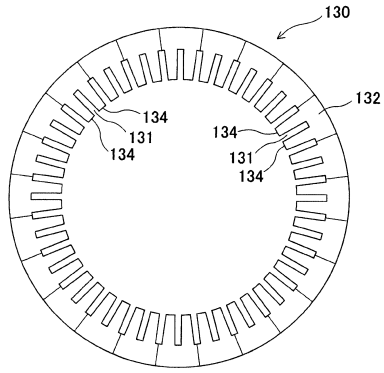
【 図 7 】



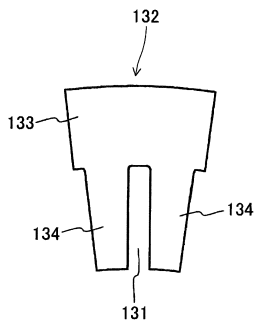
【 図 9 】



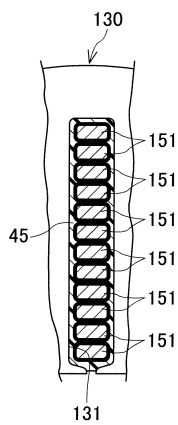
【図10】



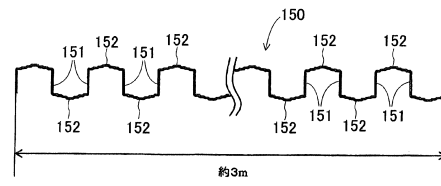
【図11】



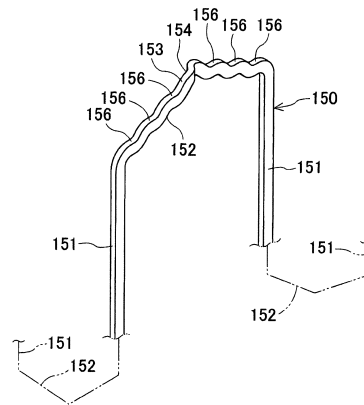
【図14】



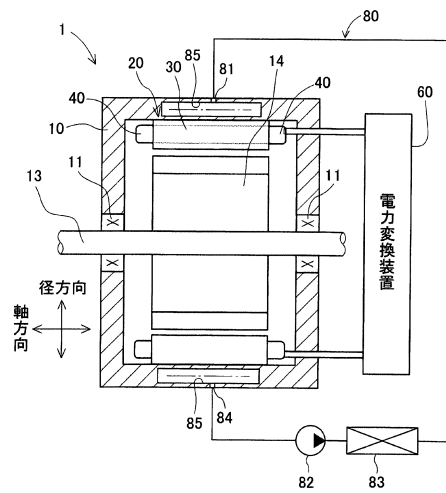
【図12】



【図13】



【図15】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-259316(JP,A)  
特開2000-050552(JP,A)  
特開2003-143791(JP,A)  
特開平05-130759(JP,A)  
特開平04-168452(JP,A)  
国際公開第2010/103940(WO,A1)  
特開2008-259329(JP,A)  
特開2009-095168(JP,A)  
特開2013-207957(JP,A)  
特開2008-312364(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 3/34