【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第７部門第４区分
【発行日】令和4年12月12日(2022.12.12)

【公開番号】特開2022-15845(P2022-15845A)
【公開日】令和4年1月21日(2022.1.21)
【年通号数】公開公報(特許)2022-011
【出願番号】特願2020-118962(P2020-118962)
【国際特許分類】
Ｈ０２Ｋ 17/16(2006.01)
Ｈ０２Ｋ 1/32(2006.01)
Ｈ０２Ｋ 1/26(2006.01)
【ＦＩ】
Ｈ０２Ｋ 17/16 Ｚ
Ｈ０２Ｋ 1/32 Ｂ
Ｈ０２Ｋ 1/26 Ａ

【手続補正書】
【提出日】令和4年12月2日(2022.12.2)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
回転電機に用いる回転子であって、
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に取り付けられて、径方向外側に周方向に互いに間隔をあけて配されて前記軸方向に貫通する複数の回転子スロットが形成された円柱状の回転子鉄心と、
複数の前記回転子スロット内を貫通し前記回転子鉄心の前記軸方向の両外側において互いに結合する複数の二次導体と、
を有し、
複数の前記回転子スロットのそれぞれには、複数の前記二次導体のそれぞれが占有する空間の径方向の内側に冷却用ガスの前記軸方向の流路である回転子鉄心内軸方向流路が形成されており、
複数の前記回転子スロットのそれぞれは、
複数の前記二次導体のそれぞれを保持する保持部の径方向の内側の面である保持部内側面と、
複数の前記二次導体のそれぞれを収納し周方向に互いに対向し径方向に拡がった平面状の２つのスロット側面と、
前記２つのスロット側面の径方向の内側にあり、前記回転子鉄心内軸方向流路を形成するスロット底部曲面と、
を有し、
前記２つのスロット側面と前記スロット底部曲面とは、径方向に対する傾きが連続的に変化し、前記２つのスロット側面から前記スロット底部曲面の周方向の中央までの径方向に対する傾きは、単調に増加し、
前記スロット底部曲面における前記軸方向に垂直な断面の曲率半径が、前記二次導体の底面における前記軸方向に垂直な断面の曲率半径よりも小さい、
ことを特徴とする回転子。

【請求項２】
　前記２つのスロット側面のそれぞれと前記スロット底部曲面との境界となる仮想直線Ｌ１と、前記回転子スロットの周方向の中央の仮想直線Ｌ２とを含む仮想平面Ｐ１の径方向に対する傾きは、所定の角度以下である、
　ことを特徴とする請求項１に記載の回転子。
【請求項３】
　前記所定の角度は、遠心力により当該回転子スロットの底部に付加される周方向への引張応力についての前記所定の角度以下としたことで得られる減少分が、前記回転子スロットに前記回転子鉄心内軸方向流路を形成したことにより前記スロット底部曲面が径方向に前記ロータシャフトに近接したことによる前記回転子鉄心と前記ロータシャフトとの間のタガ締め応力の増加分を、相殺可能な角度であることを特徴とする請求項２に記載の回転子。
【請求項４】
複数の前記回転子スロットのそれぞれは、前記回転子鉄心の径方向外側表面に部分的に開口する開口部を有し、
　前記保持部は、前記開口部を挟んだ周方向の両側に形成され、
複数の前記二次導体のそれぞれには、前記軸方向に互いに間隔をおいて複数の二次導体通風孔が形成されている、
　ことを特徴とする請求項１または請求項２に記載の回転子。
【請求項５】
　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に取り付けられて、径方向外側に周方向に互いに間隔をあけて配されて前記軸方向に貫通する複数の回転子スロットが形成された円柱状の回転子鉄心と、複数の前記回転子スロット内を貫通し前記回転子鉄心の前記軸方向の両外側において互いに結合する複数の二次導体と、を有する回転子と、
　前記ロータシャフトの前記軸方向の両側を回転可能に支持する２つの軸受と、
　前記かご形回転子の径方向外側に配された固定子と、
　前記固定子を囲むように配された筒状のフレームと、
　前記フレームの両端に取り付けられ前記２つの軸受をそれぞれ静止支持する２つの軸受ブラケットと、
　を備える回転電機であって、
複数の前記回転子スロットのそれぞれには、複数の前記二次導体のそれぞれが占有する空間の径方向の内側に冷却用ガスの前記軸方向の流路である回転子鉄心内軸方向流路が形成されており、
複数の前記回転子スロットのそれぞれは、
複数の前記二次導体のそれぞれを収納する保持部の径方向の内側の面である保持部内側面と、
複数の前記二次導体のそれぞれを収納し周方向に互いに対向し径方向に拡がった平面状の２つのスロット側面と、
　前記２つのスロット側面の径方向の内側にあり、前記回転子鉄心内軸方向流路を形成するスロット底部曲面と、
　を有し、
　前記２つのスロット側面と前記スロット底部曲面とは、径方向に対する傾きが連続的に接続され、前記２つのスロット側面から前記スロット底部曲面の周方向の中央までの径方向に対する傾きは、単調に増加し、
　前記２つのスロット側面と前記スロット底部曲面とを結ぶ接続面の径方向に対する傾きは、前記二次導体の側面と底面とを結ぶ接続面の径方向に対する傾きよりも小さい、
　ことを特徴とする回転電機。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】０００７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００７】
上述の目的を達成するため、本発明に係る回転子は、回転電機に用いる回転子であって、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に取り付けられて、径方向外側に周方向に互いに間隔をあけて配されて前記軸方向に貫通する複数の回転子スロットが形成された円柱状の回転子鉄心と、複数の前記回転子スロット内を貫通し前記回転子鉄心の前記軸方向の両外側において互いに結合する複数の二次導体と、
を有し、複数の前記回転子スロットのそれぞれには、複数の前記二次導体のそれぞれが占有する空間の径方向の内側に冷却用ガスの前記軸方向の流路である回転子鉄心内軸方向流路が形成されており、複数の前記回転子スロットのそれぞれは、複数の前記二次導体のそれぞれを保持する保持部の径方向の内側の面である保持部内側面と、複数の前記二次導体のそれぞれを収納し周方向に互いに対向し径方向に拡がった平面状の２つのスロット側面と、前記２つのスロット側面の径方向の内側にあり、前記回転子鉄心内軸方向流路を形成するスロット底部曲面と、を有し、前記２つのスロット側面と前記スロット底部曲面とは、径方向に対する傾きが連続的に変化し、前記２つのスロット側面から前記スロット底部曲面の周方向の中央までの径方向に対する傾きは、単調に増加し、前記スロット底部曲面における前記軸方向に垂直な断面の曲率半径が、前記二次導体の底面における前記軸方向に垂直な断面の曲率半径よりも小さい、ことを特徴とする。
【手続補正３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００８
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００８】
また、本発明に係る回転電機は、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に取り付けられて、径方向外側に周方向に互いに間隔をあけて配されて前記軸方向に貫通する複数の回転子スロットが形成された円柱状の回転子鉄心と、複数の前記回転子スロット内を貫通し前記回転子鉄心の前記軸方向の両外側において互いに結合する複数の二次導体と、を有する回転子と、前記ロータシャフトの前記軸方向の両側を回転可能に支持する２つの軸受と、前記かご形回転子の径方向外側に配された固定子と、前記固定子を囲むように配された筒状のフレームと、前記フレームの両端に取り付けられ前記２つの軸受をそれぞれ静止支持する２つの軸受ブラケットと、を備える回転電機であって、複数の前記回転子スロットのそれぞれには、複数の前記二次導体のそれぞれが占有する空間の径方向の内側に冷却用ガスの前記軸方向の流路である回転子鉄心内軸方向流路が形成されており、複数の前記回転子スロットのそれぞれは、複数の前記二次導体のそれぞれを収納する保持部の径方向の内側の面である保持部内側面と、複数の前記二次導体のそれぞれを収納し周方向に互いに対向し径方向に拡がった平面状の２つのスロット側面と、前記２つのスロット側面の径方向の内側にあり、前記回転子鉄心内軸方向流路を形成するスロット底部曲面と、を有し、前記２つのスロット側面と前記スロット底部曲面とは、径方向に対する傾きが連続的に接続され、前記２つのスロット側面から前記スロット底部曲面の周方向の中央までの径方向に対する傾きは、単調に増加し、前記２つのスロット側面と前記スロット底部曲面とを結ぶ接続面の径方向に対する傾きは、前記二次導体の側面と底面とを結ぶ接続面の径方向に対する傾きよりも小さい、ことを特徴とする。
【手続補正４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１１
【補正方法】変更
【補正の内容】

【００１１】
以下、図面を参照して、本発明に係る回転電機、それに用いる回転子について説明する。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。
【手続補正５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００１２】
図１は、実施形態に係るかご形誘導回転電機の構成を示す立断面図である。
本実施形態では、二次導体を有する回転子およびこれを用いた回転電機として、かご形回転子およびこれを用いたかご形誘導回転電機を例にとって示すが、巻線型回転電機、あるいは同期回転電機についても、同様に適用可能である。
【手続補正６】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００２７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００２７】
図３は、実施形態に係るかご形回転子の回転子スロットと二次導体との関係を示す回転子鉄心の部分横断面図である。
回転子スロット７０は、２つのスロット側面７１、２つの保持部内側面７２、スロット底部曲面７４、および２つのスロット接続面７５を有する。
【手続補正７】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３３
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３３】
いま、スロット底部曲面７４の周方向の中央に沿って軸方向に延びる仮想線Ｌ１を通る回転子スロット７０の中央を通る仮想平面Ｓを想定する。図３の場合は、仮想平面Ｓは、図中の上方に延びた平面であり、径方向に延びた平面となっている。まず、スロット側面７１は、仮想平面Ｓに平行なので、径方向に対する傾きはゼロである。次にスロット接続面７５は、仮想線Ｌ１の方向に向けて、図中の水平な方向に傾いてくる。すなわち、径方向に対する傾きΘが正となり、増加しながらスロット底部曲面７４に接続される。スロット底部曲面７４では、最終的にその中央の仮想線Ｌ１の位置において図中で水平になるまで順次傾きを増していく。すなわち、２つのスロット側面からスロット底部曲面の周方向の中央までの径方向に対する傾きは、単調に増加し、最終的に、仮想線Ｌ１で径方向に対する傾きが９０度になるまで増加する。
【手続補正８】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３７】
図４は、実施形態に係るかご形回転子の回転子スロットと二次導体との関係を示すそれぞれの表面の径方向に対する傾きの、周方向距離に対する変化を示すグラフである。
横軸は、図３に示す周方向の距離Ｘである。具体的には、一方のスロット側面７１の周方向位置を起点（周方向距離ゼロ）として、仮想平面Ｓ（周方向中心）に至るまでの距離

である。
縦軸は、それぞれの周方向距離Ｘにおける平面Ｐの仮想平面Ｓに対する傾き、すなわち、周方向距離Ｘにおいて接する平面Ｐの仮想平面Ｓに対する傾きΘである。実線で示す曲線Ｇ１は回転子スロット７０についての傾き、破線で示す曲線Ｇ２は二次導体１５についての傾きを示す。
【手続補正９】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３８
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３８】
図４に示すように、接続部の領域においては、スロット側面７１とスロット底部曲面７４とを結ぶスロット接続面７５の径方向に対する傾きは、二次導体１５の二次導体側面１５ａと二次導体底面１５ｃとを結ぶ二次導体接続面１５ｂの径方向に対する傾きよりも小さい。すなわち、周方向距離Ｘにおける回転子スロット７０の仮想平面Ｓに対する傾きは、周方向距離Ｘにおける二次導体１５の仮想平面Ｓに対する傾きよりも大きい。
【手続補正１０】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００４０
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００４０】
図５は、実施形態に係るかご形回転子１０の二次導体１５を示す斜視図である。二次導体１５には、軸方向に互いに間隔をおいて、複数の二次導体通風孔１５ｈが形成されている。それぞれの二次導体通風孔１５ｈは、冷却用気体が、二次導体１５を、径方向内側から径方向外側に向けて流通可能に形成されている。
【手続補正１１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５１
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５１】
以上の内容を、比較例による回転子スロット７０ａについてみてみると、引張荷重ｆ２までは、本実施例による回転子スロット７０の場合と同様である。回転子スロット７０ａの場合、スロット接続面７５ａを介してスロット側面７１に隣接するスロット底部曲面７４ａにおいても、さらに大きな引張荷重ｆ３ａとなる。引張荷重ｆ３ａは、引張荷重ｆ２などとは、傾き角度Θ１’だけ方向が傾いているので、これを、径方向と周方向の引張荷重に分解すると、それぞれ、径方向引張荷重ｆ３ａｒおよび周方向引張荷重ｆ３ａｈとなる。
【手続補正１２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５２】
ここで、本実施形態による回転子スロット７０の場合のスロット底部曲面７４における周方向引張荷重ｆ３ｈは、比較例による回転子スロット７０ａの場合のスロット底部曲面７４ａにおける周方向引張荷重ｆ３ａｈに比べて、明らかに小さい。
すなわち、本実施形態による回転子スロット７０の効果が示されている。
【手続補正１３】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５３
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５３】
以上、説明の便宜上、図８および図９では、スロット接続面７５を介してスロット側面７１に隣接するスロット底部曲面７４および７４ａの形状が、平面状であるように表示しているが、この部分も曲面状であってよい。
【手続補正１４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５４
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５４】
発明者らは、このような、平面状部分を含まない曲面状の底部曲面について、径方向にこの部分を短縮したような形状の場合に比べて、回転子スロット７０の底部の引張応力の低減効果があることを解析によって確認している。
【手続補正１５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００６０
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００６０】
ここで、応力集中の改善のために、図１０（ｂ）に示すように、底部を平面から曲面にして、回転軸に垂直方向の断面における回転子スロットの接続部分Ｂｂの曲率半径R_{B}ｂと二次導体の接続部分Ｂｄの曲率半径R_{B}ｄをほぼ同程度とする。この結果、側部との接続部分はより曲面状となり、回転子スロットのＢｂ部の曲率半径R_{B}ｂおよび二次導体のＢｄ部の曲率半径R_{B}ｄが大きくなることにより、応力集中を緩和することができる。
【手続補正１６】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図４
【補正方法】変更
【補正の内容】

【図４】

