

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7378592号
(P7378592)

(45)発行日 令和5年11月13日(2023.11.13)

(24)登録日 令和5年11月2日(2023.11.2)

(51)国際特許分類 F I
H 0 2 K 16/02 (2006.01) H 0 2 K 16/02
H 0 2 K 7/10 (2006.01) H 0 2 K 7/10 A

請求項の数 11 (全14頁)

(21)出願番号	特願2022-514940(P2022-514940)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和2年4月16日(2020.4.16)	(74)代理人	110002941 弁理士法人ばるも特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/016671	(72)発明者	米谷 晴之 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開番号	WO2021/210118	(72)発明者	宮武 亮治 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開日	令和3年10月21日(2021.10.21)	(72)発明者	山田 拓郎 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
審査請求日	令和4年5月17日(2022.5.17)	(72)発明者	田中 賢治

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】

固定子コイルおよび固定子永久磁石を備えた固定子と、
前記固定子と第1の空隙を介して前記固定子に対して回転可能に設けられた第1回転子と、

前記第1回転子と第2の空隙を介して前記第1回転子と同軸状に設けられ、周方向に並んで配置された複数の回転子永久磁石を備えた第2回転子とを有する回転電機であって、

前記第1回転子は、周方向に並んで配置された複数の磁極片、複数の前記磁極片の間にそれぞれ配置された非磁性金属の複数のスペーサ、軸方向の両端部にそれぞれ配置された2つのクランパおよび前記スペーサと前記クランパとを締結する締結具を備えており、前記スペーサは空洞部を有し、前記スペーサと前記締結具とは電氣的に絶縁されていることを特徴とする回転電機。

10

【請求項2】

前記スペーサは、前記空洞部の内壁に複数の放熱フィンを有す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】

前記スペーサは、軸方向に複数に分割されており、分割された前記スペーサは、電氣的に絶縁されていることを特徴とする請求項1または2に記載の回転電機。

【請求項4】

前記磁極片は、内径側の周方向の幅が外径側の周方向の幅よりも大きくなっており、径

20

方向の両側の側面は径方向に対して斜めの面が設けられていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

【請求項 5】

前記磁極片は、前記斜めの面に前記磁極片の内側に向かう凹部または前記磁極片の外側に向かう凸部が設けられていることを特徴とする請求項 4 項に記載の回転電機。

【請求項 6】

前記スペーサと前記固定子との間の前記第 1 の空隙の幅が前記磁極片と前記固定子との間の前記第 1 の空隙の幅よりも大きくなっているか、または前記スペーサと前記第 2 回転子との間の前記第 2 の空隙の幅が前記磁極片と前記第 2 回転子との間の前記第 2 の空隙の幅よりも大きくなっていることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

10

【請求項 7】

前記磁極片と前記スペーサとは絶縁部材を介して接触していることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

【請求項 8】

周方向に並んで配置された複数の前記磁極片は、連結部で周方向に連結されていることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

【請求項 9】

周方向に並んで配置された複数の前記磁極片は、磁性連結部材で周方向に連結されていることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

20

【請求項 10】

前記磁極片は、内周側の角部の曲率の方が外周側の角部の曲率よりも大きくなっていることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

【請求項 11】

周方向に並んで配置された複数の固定子磁極片、複数の前記固定子磁極片の間にそれぞれ配置された非磁性金属の複数の固定子スペーサを備えた固定子と、

前記固定子と第 1 の空隙を介して前記固定子に対して回転可能に設けられ、周方向に並んで配置された複数の第 1 回転子永久磁石を備えた第 1 回転子と、

前記固定子と第 2 の空隙を介して前記固定子に対して回転可能に設けられ、周方向に並んで配置された複数の第 2 回転子永久磁石を備えた第 2 回転子とを有する回転電機であって、

30

前記固定子は、軸方向の両端部にそれぞれ配置された 2 つのクランパおよび前記固定子スペーサと前記クランパとを締結する締結具とをさらに備えており、1 つの前記固定子スペーサは空洞部を有し、前記固定子スペーサと前記締結具とは電氣的に絶縁されていることを特徴とする回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、回転電機に関する。

【背景技術】

40

【0002】

風力発電装置の発電機として磁気減速機と発電機とを一体化させた磁気ギアード発電機を用いることができる。磁気ギアード発電機は、低速回転子と、低速回転子と同軸状に設けられた高速回転子と、固定子コイルおよび永久磁石を有する固定子とで構成されている。磁気ギアード発電機が風力発電装置の発電機として用いられる場合、低速回転子は風車に連動して回転し、低速回転子の回転により磁気ギア効果で高速回転子が高速に回転し、これにより固定子コイルに誘起電力が発生して発電が行われる。

【0003】

低速回転子は、複数の磁極片が周方向に配置されている。1 つの磁極片は複数の薄板状の電磁鋼板が軸方向に積層されて構成されている。この磁極片を軸方向に固定する方法と

50

して、複数の磁極片の間に非磁性バーを周方向に配置し、軸方向の両端に金属製の端板を設ける方法が開示されている。両端の端板を非磁性バーで軸方向に締結することで、磁極片を軸方向に固定している。また、磁極片と非磁性バーとは樹脂モールドで一体化されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特許第 5 2 8 6 3 7 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、数メートルの径を有する磁気ギアード発電機、磁極片の数が多い磁気ギアード発電機などの回転電機においては、低速回転子に対して自重、遠心力、電磁力に起因する応力などの強い力が作用する。磁極片と非磁性バーとを樹脂モールドで一体化しただけの低速回転子は、これらの強い力で変形する恐れがある。低速回転子に変形すると低速回転子と高速回転子および固定子との空隙が不均一となり、効率の低下、電磁騒音の増加などの問題を生じる。低速回転子の変形を抑制するために、複数の磁極片の間を金属材料で充填する方法が考えられる。しかしながら、複数の磁極片の間を金属材料で充填した場合、低速回転子の重量が増加し、回転電機の支持構造が大型になるという問題がある。

【0006】

本願は上述のような課題を解決するためになされたもので、固定子または回転子に複数の磁極片の間に金属製のスペーサを設けた回転電機において、回転電機の重量の増加を抑制することができる。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願の回転電機は、固定子コイルおよび固定子永久磁石を備えた固定子と、固定子と第 1 の空隙を介して固定子に対して回転可能に設けられた第 1 回転子と、第 1 回転子と第 2 の空隙を介して第 1 回転子と同軸状に設けられ、周方向に並んで配置された複数の回転子永久磁石を備えた第 2 回転子とを有している。そして、第 1 回転子は、周方向に並んで配置された複数の磁極片、複数の磁極片の間にそれぞれ配置された非磁性金属の複数のスペーサ、軸方向の両端部にそれぞれ配置された 2 つのクランパおよびスペーサとクランパとを締結する締結具を備えており、スペーサは空洞部を有し、スペーサと締結具とは電氣的に絶縁されている。

【発明の効果】

【0008】

本願の回転電機は、空洞部を有したスペーサを備えているので、低速回転子の重量の増加を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】実施の形態 1 に係る回転電機の断面模式図である。

【図 2】実施の形態 1 に係る低速回転子の側面図である。

【図 3】実施の形態 1 に係る比較例の低速回転子の側面図である。

【図 4】実施の形態 2 に係る低速回転子の側面図である。

【図 5】実施の形態 3 に係る低速回転子の側面図である。

【図 6】実施の形態 4 に係る低速回転子の上面図である。

【図 7】実施の形態 5 に係る低速回転子の上面図である。

【図 8】実施の形態 6 に係る低速回転子の上面図である。

【図 9】実施の形態 7 に係る低速回転子の上面図である。

【図 10】実施の形態 7 に係る低速回転子の上面図である。

【図 11】実施の形態 8 に係る低速回転子の上面図である。

10

20

30

40

50

【図 1 2】実施の形態 8 に係る低速回転子の上面図である。

【図 1 3】実施の形態 9 に係る低速回転子の上面図である。

【図 1 4】実施の形態 1 0 に係る低速回転子の上面図である。

【図 1 5】実施の形態 1 1 に係る回転電機の断面模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 0】

以下、本願を実施するための実施の形態に係る回転電機について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一符号は同一もしくは相当部分を示している。

【0 0 1 1】

実施の形態 1 .

図 1 は、実施の形態 1 に係る回転電機の断面模式図である。図 1 は、回転電機の軸方向に垂直な面の断面模式図である。本実施の形態の回転電機 1 は、固定子 1 0 と、この固定子 1 0 と空隙を介して固定子 1 0 に対して回転可能に設けられた低速回転子 2 0 と、この低速回転子 2 0 と空隙を介して同軸状に設けられた高速回転子 3 0 とを備えている。固定子 1 0、低速回転子 2 0 および高速回転子 3 0 は、円筒状の形状であり、同軸状に配置されている。本実施の形態の回転電機 1 は、外径側から固定子 1 0、低速回転子 2 0 および高速回転子 3 0 の順に配置された磁気ギアード発電機である。

【0 0 1 2】

固定子 1 0 は、円筒状の固定子コア 1 1 と、固定子コイル 1 2 と、固定子永久磁石 1 3 とを備えている。固定子コア 1 1 は内周側に突出した 1 2 個のティース 1 4 を有し、ティース 1 4 の間には 1 2 個のスロット 1 5 が形成されている。固定子コイル 1 2 と固定子永久磁石 1 3 とは、スロット 1 5 に配置されている。

【0 0 1 3】

円筒状の低速回転子 2 0 は、周方向に並んで配置された複数の磁極片 2 1 と、複数の磁極片 2 1 の間にそれぞれ配置された複数の非磁性金属のスペーサ 2 2 とを備えている。磁極片 2 1 とスペーサ 2 2 とはそれぞれ 1 7 個ずつ配置されている。

高速回転子 3 0 は、円筒状の高速回転子コア 3 1 と、高速回転子コア 3 1 の外周側の表面に周方向に並んで配置された 1 0 個の回転子永久磁石 3 2 とを備えている。本実施の形態の回転電機 1 は、いわゆる 1 0 極 1 2 スロットの磁気ギアード発電機である。また、磁極片数 / 極対数で決まる増速比は、1 7 / 5 で 3 . 4 となっており、低速回転子 2 0 の回転数の 3 . 4 倍で高速回転子 3 0 が回転する。

【0 0 1 4】

固定子永久磁石 1 3 は、すべて径方向に同一の極性となるように着磁されている。このため、固定子永久磁石 1 3 を N 極とすれば、ティース 1 4 が S 極となり、スロット 1 5 の数と同じ数の極対数 N_s を形成する。高速回転子 3 0 の回転子永久磁石 3 2 は、 N_h の極対数を形成する。

このとき、

$$N_L = N_s \pm N_h$$

であれば、固定子永久磁石 1 3 と回転子永久磁石 3 2 との間の磁力の相互作用により、低速回転子 2 0 に負のトルクが発生する。低速回転子 2 0 を外部動力で回転させることで、低速回転子 2 0 に入力を得ることができる。

【0 0 1 5】

低速回転子 2 0 の入力に対して、高速回転子 3 0 が自由回転できるように設定すれば、高速回転子 3 0 は低速回転子 2 0 の N_L / N_h 倍の回転速度で回転する。高速回転子 3 0 が低速回転子 2 0 の N_L / N_h 倍の回転速度で回転すると、固定子コイル 1 2 に誘導起電力を発生させることができ、固定子コイル 1 2 から発電電力を出力させることができる。

【0 0 1 6】

図 2 は、本実施の形態の低速回転子 2 0 の側面図である。図 2 は、回転電機 1 を内径側から見た側面図である。図 2 において、縦方向は回転電機 1 の軸方向であり、横方向は周方向である。低速回転子 2 0 は、周方向に並んで配置された複数の磁極片 2 1 と非磁性金

10

20

30

40

50

属のスペーサ 2 2 とを備えている。1つの磁極片 2 1 は、複数の薄板状の電磁鋼板が軸方向に積層されて構成されている。スペーサ 2 2 の軸方向端部には、円環状の電気絶縁層 2 3 を介して円環状のクランパ 2 4 が配置されている。この電気絶縁層 2 3 は、クランパ 2 4 とスペーサ 2 2 および磁極片 2 1 とを電氣的に絶縁している。クランパ 2 4 の外側にはトルク伝達部材 2 5 が配置されている。

【 0 0 1 7 】

スペーサ 2 2 は、軸方向の中央部に空洞部 2 2 a が設けられている。この空洞部 2 2 a からスペーサ 2 2、電気絶縁層 2 3、クランパ 2 4 およびトルク伝達部材 2 5 までを貫通する締結具 2 6 が設けられている。締結具 2 6 は、スペーサ 2 2 とクランパ 2 4 およびトルク伝達部材 2 5 とを締結する。この締結具 2 6 を介してトルク伝達部材 2 5 から低速回

10

【 0 0 1 8 】

電気絶縁層 2 3 は、例えばシリコンゴムなどを用いることができる。スペーサ 2 2、クランパ 2 4 およびトルク伝達部材 2 5 は、非磁性ステンレス、チタン、アルミニウム、真鍮、銅などを用いることができる。締結具 2 6 は、例えばセラミックなどの絶縁材料を用いることができる。締結具 2 6 は、スペーサ 2 2、クランパ 2 4 およびトルク伝達部材 2 5 と電氣的に絶縁されていればよい。締結具 2 6 として金属部材を用いる場合は、例えば、締結具 2 6 とスペーサ 2 2 などとの接触面にシート状の絶縁部材を挿入してもよい。シート状の絶縁部材としては、例えばシリコンゴム製のフィルムを用いることができる

20

【 0 0 1 9 】

図 3 は、本実施の形態の比較例の低速回転子 2 0 の側面図である。図 3 に示す比較例の低速回転子 2 0 は、スペーサ 2 2 に空洞部が設けられていない。締結具 2 6 は、軸方向の両端部にあるトルク伝達部材 2 5 同士を締結している。本実施の形態の低速回転子 2 0 は、スペーサ 2 2 に空洞部 2 2 a が設けられているので、比較例よりも軽量になる。

【 0 0 2 0 】

また、回転電機 1 が回転しているときには空洞部 2 2 a を通して冷却風を流すことが可能となる。そのため、低速回転子 2 0 と空隙を介して配置された固定子 1 0 および高速回転子 3 0 に対する冷却性能を向上させることができる。また、スペーサ 2 2 も表面積が拡大されるため、低速回転子 2 0 自身の温度上昇を抑制することができる。

30

【 0 0 2 1 】

なお、本実施の形態の回転電機 1 においては、クランパ 2 4 とトルク伝達部材 2 5 とを別部材としたが、クランパ 2 4 がトルク伝達部材 2 5 を兼ねてもよい。

【 0 0 2 2 】

また、本実施の形態の回転電機は、固定子 1 0、低速回転子 2 0 および高速回転子 3 0 が外径側からこの順に設けられた構成としたが、この構成に限るものではない。また、本実施の形態の回転電機は、1 0 極 1 2 スロットの磁気ギアード発電機としたが、磁気ギアード発電機に限るものではない。

40

【 0 0 2 3 】

実施の形態 2 .

図 4 は、実施の形態 2 の低速回転子の側面図である。本実施の形態の低速回転子は、実施の形態 1 で説明した低速回転子において、スペーサの冷却特性を向上させたものである。図 4 に示すように、本実施の形態の低速回転子は、スペーサ 2 2 の空洞部 2 2 a の内壁に放熱フィン 2 2 b を取り付けられたものである。この放熱フィン 2 2 b は、スペーサ 2 2 を流れる渦電流で発生した熱を空洞部に放熱することができる。その結果、スペーサ 2 2 の温度上昇を抑制することができるので、低速回転子 2 0 の熱変形を低減させることができ

50

る。

【 0 0 2 4 】

実施の形態 3 .

図 5 は、実施の形態 3 の低速回転子の側面図である。本実施の形態の低速回転子は、実施の形態 1 で説明した低速回転子において、空洞部を備えたスペーサが軸方向に複数に分割されたものである。図 5 に示すように、本実施の形態の低速回転子においては、空洞部 2 2 a を備えたスペーサ 2 2 が軸方向に 2 つ並べられている。軸方向に並べられた 2 つのスペーサ 2 2 は、図示していない電気絶縁層で電氣的に絶縁されている。また、2 つのスペーサ 2 2 は、締結具 2 6 でクランパ 2 4 およびトルク伝達部材 2 5 にそれぞれ締結されている。さらに、この 2 つのスペーサ 2 2 は、空洞部 2 2 a を利用して締結具 2 6 で締結されている。これらの締結具 2 6 とスペーサ 2 2 とは電氣的に絶縁されている。

10

このように構成された低速回転子 2 0 は、スペーサ 2 2 に空洞部 2 2 a が設けられているので軽量になる。なお、スペーサ 2 2 は、3 つ以上に分割されていてもよい。

【 0 0 2 5 】

また、低速回転子 2 0 には、固定子 1 0 からの鎖交磁束および高速回転子 3 0 からの鎖交磁束に起因して、スペーサ 2 2 に渦電流が発生する。この渦電流は、回転電機 1 の効率を低下させる。実施の形態 1 で説明した低速回転子においては、渦電流がスペーサ 2 2 の全体を旋回するように 1 つの大きなループとなって流れる。本実施の形態の低速回転子 2 0 においては、軸方向に並べられた 2 つのスペーサ 2 2 に分割されており、この 2 つのスペーサは電氣的に絶縁されている。そのため、スペーサ 2 2 に発生する渦電流は、2 つのスペーサそれぞれで旋回するように 2 つの小さなループとなって流れる。渦電流は、1 つの大きなループで流れるときの電流量よりも 2 つの小さなループとなつて流れるとこの電流量の方が絶対量が小さくなる。その結果、本実施の形態の回転電機 1 においては、渦電流による効率の低下を抑制することができる。

20

【 0 0 2 6 】

実施の形態 4 .

実施の形態 1 から 3 で説明した低速回転子のスペーサは、軸方向の中央部に空洞部が設けられている。そのため、空洞部が設けられていないスペーサに比べて軽量になるという利点がある。しかしながら、空洞部が設けられたスペーサを備えた低速回転子は、空洞部が設けられていないスペーサを備えた低速回転子より剛性が低下する恐れがある。実施の形態 4 の低速回転子は、空洞部が設けられたスペーサを用いた場合でも低速回転子の剛性を向上させることができる。

30

【 0 0 2 7 】

図 6 は、本実施の形態の低速回転子の上面図である。ただし、電気絶縁層、クランパおよびトルク伝達部材は省略されている。図 6 において、上が外径側であり下が内径側である。すなわち、図 6 において、低速回転子の上が固定子側の空隙であり、下が高速回転子側の空隙となる。図 6 に示すように、本実施の形態の低速回転子 2 0 は、電磁鋼板が軸方向に積層された複数の磁極片 2 1 と、複数の磁極片 2 1 の間にそれぞれ配置された複数の非磁性金属のスペーサ 2 2 とを備えている。スペーサ 2 2 は、実施の形態 1 で説明したスペーサであり、軸方向の中央部に空洞部が設けられている。

40

【 0 0 2 8 】

本実施の形態において、1 つの磁極片 2 1 は、外径側の周方向の幅 L 1 よりも内径側の周方向の幅 L 2 が大きくなっている。そして、1 つの磁極片 2 1 の径方向の両側の側面は、径方向に対して斜めの面 2 1 a が設けられている。スペーサ 2 2 は、この斜めの面 2 1 a と接触して配置されている。スペーサ 2 2 は、締結具 2 6 でクランパ 2 4 およびトルク伝達部材 2 5 と締結されている。

【 0 0 2 9 】

低速回転子 2 0 が回転すると、低速回転子 2 0 には内径側から外径側に向かって遠心力がかかる。本実施の形態の低速回転子 2 0 においては、磁極片 2 1 にかかる遠心力を斜めの面 2 1 a を介してスペーサ 2 2 が支える構造となっている。このため、低速回転子 2 0

50

の剛性を向上させることができる。なお、磁極片に働く力は、遠心力以外にも自重、電磁力などもある。これらの力も斜めの面 2 1 a を介してスペーサ 2 2 で支えることが可能となる。

【 0 0 3 0 】

実施の形態 5 .

図 7 は、実施の形態 5 の低速回転子の上面図である。ただし、電気絶縁層、クランパおよびトルク伝達部材は省略されている。図 7 において、上が外径側であり下が内径側である。図 7 に示す低速回転子 2 0 は、実施の形態 4 の低速回転子と同様の構造である。図 7 に示すように、本実施の形態の低速回転子 2 0 においては、磁極片 2 1 の径方向の長さがスペーサ 2 2 の径方向の長さより大きく設定されている。すなわち、磁極片 2 1 と固定子 1 0 との空隙の幅 W_1 よりも、スペーサ 2 2 と固定子 1 0 との空隙の幅 W_2 の方が大きくなっている。また、磁極片 2 1 と高速回転子 3 0 との空隙の幅 W_3 よりも、スペーサ 2 2 と高速回転子 3 0 との空隙の幅 W_4 の方が大きくなっている。

10

【 0 0 3 1 】

スペーサ 2 2 には、固定子 1 0 からの鎖交磁束および高速回転子 3 0 からの鎖交磁束に起因して渦電流が発生する。これらの鎖交磁束を低減するためには、スペーサ 2 2 と固定子 1 0 との空隙の幅およびスペーサ 2 2 と高速回転子 3 0 との空隙の幅を大きくすることが望ましい。しかしながら、磁極片 2 1 と固定子 1 0 との空隙の幅および磁極片 2 1 と高速回転子 3 0 との空隙の幅が大きくなると磁極片 2 1 の主磁束が減少する。

【 0 0 3 2 】

本実施の形態のように、スペーサ 2 2 と固定子 1 0 および高速回転子 3 0 との空隙の幅を磁極片 2 1 と固定子 1 0 および高速回転子 3 0 との空隙の幅よりも大きくすることで、スペーサ 2 2 に発生する渦電流を低減することができる。その結果、本実施の形態の低速回転子は、磁極片 2 1 の主磁束の減少を抑えて渦電流による損失を低減することができる。

20

【 0 0 3 3 】

実施の形態 6 .

図 8 は、実施の形態 6 の低速回転子の上面図である。ただし、電気絶縁層、クランパおよびトルク伝達部材は省略されている。図 8 において、上が外径側であり下が内径側である。図 8 に示す低速回転子 2 0 は、実施の形態 4 の低速回転子と同様の構造である。そして、図 8 に示すように、本実施の形態の低速回転子 2 0 においては、磁極片 2 1 とスペーサ 2 2 とは、絶縁部材 2 1 b を挟んで配置されている。本実施の形態の低速回転子は、磁極片 2 1 とスペーサ 2 2 との間に絶縁部材 2 1 b を挟むことで、磁極片 2 1 とスペーサ 2 2 とを電氣的に絶縁している。

30

【 0 0 3 4 】

実施の形態 5 で説明したように、スペーサ 2 2 には、固定子 1 0 からの鎖交磁束および高速回転子 3 0 からの鎖交磁束に起因して渦電流が発生する。磁極片 2 1 とスペーサ 2 2 とが電氣的に接続されていると、スペーサ 2 2 で発生した渦電流がこのスペーサ 2 2 と隣接する磁極片 2 1 を経由して別のスペーサ 2 2 に流れる経路が発生する。このような渦電流の経路は、効率の低下につながる。

40

【 0 0 3 5 】

本実施の形態の低速回転子においては、磁極片 2 1 とスペーサ 2 2 とが電氣的に絶縁されているので、渦電流が磁極片 2 1 を経由して別のスペーサに流れる経路を遮断することができる。その結果、低速回転子の効率の低下を防ぐことができる。

【 0 0 3 6 】

実施の形態 7 .

図 9 は、実施の形態 7 の低速回転子の上面図である。ただし、電気絶縁層、クランパおよびトルク伝達部材は省略されている。図 9 において、上が外径側であり下が内径側である。図 9 に示す低速回転子 2 0 は、実施の形態 4 の低速回転子と同様の構造である。そして、磁極片 2 1 の斜めの面 2 1 a の一部に磁極片 2 1 の内側に向かう凹部 2 1 c が設けら

50

れている。スペーサ 2 2 は、この斜めの面 2 1 a および凹部 2 1 c と接触して配置されている。スペーサ 2 2 は、締結具 2 6 でクランパ 2 4 およびトルク伝達部材 2 5 と締結されている。

【 0 0 3 7 】

磁極片 2 1 は磁性体であるため、回転による遠心力以外にも電磁力が働く。また、自重による力も働く。磁極片 2 1 に働く遠心力は内周側から外周側に向かって働くが、電磁力などの他の力は、遠心力とは反対の方向に働く場合がある。実施の形態 4 に示した低速回転子の構造において、スペーサ 2 2 は遠心力に対しては磁極片 2 1 を支える効果はあるが、遠心力と反対の方向に働く力に対しては支える効果は小さい。本実施の形態の低速回転子 2 0 は、スペーサ 2 2 が磁極片 2 1 の斜めの面 2 1 a および凹部 2 1 c と接触して配置

10

【 0 0 3 8 】

図 1 0 は、本実施の形態の別の低速回転子の上面図である。ただし、電気絶縁層、クランパおよびトルク伝達部材は省略されている。図 1 0 において、上が外径側であり下が内径側である。図 1 0 に示す低速回転子 2 0 は、実施の形態 4 の低速回転子と同様の構造である。そして、磁極片 2 1 の斜めの面 2 1 a の一方の面に磁極片 2 1 の内側に向かう凹部 2 1 c が設けられており、他方の面に磁極片 2 1 の外側に向かう凸部 2 1 d が設けられている。スペーサ 2 2 は、この斜めの面 2 1 a、凹部 2 1 c および凸部 2 1 d と接触して配置されている。スペーサ 2 2 は、締結具 2 6 でクランパ 2 4 およびトルク伝達部材 2 5 と

20

【 0 0 3 9 】

このように構成された低速回転子 2 0 においても、スペーサ 2 2 が磁極片 2 1 の斜めの面 2 1 a、凹部 2 1 c および凸部 2 1 d と接触して配置されているので、遠心力と反対の方向に働く力に対しても支える効果が得られる。このため、低速回転子 2 0 の剛性を向上させることができる。

【 0 0 4 0 】

実施の形態 8 .

図 1 1 は、実施の形態 8 の低速回転子の上面図である。ただし、電気絶縁層、クランパおよびトルク伝達部材は省略されている。図 1 1 において、上が外径側であり下が内径側である。図 1 1 に示す低速回転子 2 0 は、実施の形態 7 の低速回転子と同様の構造である。そして、磁極片 2 1 の内周側で隣接する磁極片 2 1 同士が連結部 2 1 e で連結されている。スペーサ 2 2 は、斜めの面 2 1 a、凹部 2 1 c および連結部 2 1 e と接触して配置されている。スペーサ 2 2 は、締結具 2 6 でクランパ 2 4 およびトルク伝達部材 2 5 と締結されている。

30

【 0 0 4 1 】

このように構成された低速回転子 2 0 においては、剛性が向上する。また、低速回転子 2 0 から高速回転子 3 0 に向かう磁束の粗密を軽減することができ、高速回転子に発生する渦電流損失を低減することができる。

【 0 0 4 2 】

図 1 2 は、本実施の形態の別の低速回転子の上面図である。ただし、電気絶縁層、クランパおよびトルク伝達部材は省略されている。図 1 2 において、上が外径側であり下が内径側である。図 1 2 に示す低速回転子 2 0 は、図 1 1 に示す低速回転子と同様の構造である。そして、磁極片 2 1 の連結部 2 1 e とスペーサ 2 2 との間に樹脂 2 2 c が充填されている。磁極片 2 1 の連結部 2 1 e とスペーサ 2 2 とは樹脂 2 2 c で固定されている。

40

【 0 0 4 3 】

連結部 2 1 e は、磁極片 2 1 の他の部位に比べて径方向の厚みが薄くなる。そのため、連結部 2 1 e に働く電磁力などで連結部 2 1 e は磁極片 2 1 の他の部位に比べて変形し易い。磁極片 2 1 の連結部 2 1 e とスペーサ 2 2 とを樹脂 2 2 c で固定することで、連結部 2 1 e が変形することを防ぐことができる。

50

【 0 0 4 4 】

実施の形態 9 .

図 1 3 は、実施の形態 9 の低速回転子の上面図である。ただし、電気絶縁層、クランパおよびトルク伝達部材は省略されている。図 1 3 において、上が外径側であり下が内径側である。図 1 3 に示す低速回転子 2 0 は、実施の形態 7 の低速回転子と同様の構造である。そして、磁極片 2 1 の内周側で隣接する磁極片 2 1 同士が磁性連結部材 2 1 f で連結されている。この磁性連結部材 2 1 f は、磁極片 2 1 とは別の部材である。スペーサ 2 2 は、斜めの面 2 1 a、凹部 2 1 c および磁性連結部材 2 1 f と接触して配置されている。スペーサ 2 2 は、締結具 2 6 でクランパ 2 4 およびトルク伝達部材 2 5 と締結されている。

【 0 0 4 5 】

このように構成された低速回転子 2 0 においては、実施の形態 8 と同様に、剛性が向上する。また、低速回転子 2 0 から高速回転子 3 0 に向かう磁束の粗密を軽減することができる。高速回転子に発生する渦電流損失を低減することができる。

【 0 0 4 6 】

実施の形態 1 0 .

図 1 4 は、実施の形態 1 0 の低速回転子の上面図である。ただし、電気絶縁層、クランパおよびトルク伝達部材は省略されている。図 1 4 において、上が外径側であり下が内径側である。図 1 4 に示す低速回転子 2 0 は、実施の形態 4 の低速回転子と同様の構造である。そして、図 1 4 に示すように、本実施の形態の低速回転子 2 0 の磁極片 2 1 は、内周側の角部および外周側の角部において角落としがなされている。さらに内周側の角部の曲率の方が、外周側の角部の曲率よりも大きくなっている。

【 0 0 4 7 】

低速回転子 2 0 を通る磁束は、磁性体である磁極片 2 1 を主に通り、非磁性体であるスペーサ 2 2 はあまり通らない。このため、低速回転子 2 0 を通る磁束に粗密の分布が発生する。この粗密の分布を有する磁束が固定子 1 0 あるいは高速回転子 3 0 に鎖交することで、固定子 1 0 あるいは高速回転子 3 0 に渦電流損失が発生して効率が低下する。本実施の形態の低速回転子 2 0 においては、磁極片 2 1 の角部が角落としがなされているので、磁束の粗密の分布を是正することができ、固定子 1 0 あるいは高速回転子 3 0 での渦電流損失を低減できる。

【 0 0 4 8 】

しかしながら、磁極片 2 1 の角部が角落としがなされることで磁極片 2 1 と、固定子 1 0 あるいは高速回転子 3 0 との空隙が等価的に広がってしまう。そのため、磁極片 2 1 の主磁束が減少する。本実施の形態において、1つの磁極片 2 1 は、外径側の周方向の幅 L 1 により内径側の周方向の幅 L 2 が大きくなっている。そのため、外径側の角部の角落としによる等価的な空隙の広がりの方が、内径側の角部の角落としによる等価的な空隙の広がりよりも影響が大きくなる。本実施の形態の低速回転子 2 0 においては、内周側の角部の曲率の方が、外周側の角部の曲率よりも大きくなっている。そのため、磁極片 2 1 の主磁束の減少を抑えつつかつ固定子 1 0 あるいは高速回転子 3 0 での渦電流損失を低減できる。

【 0 0 4 9 】

実施の形態 1 1 .

図 1 5 は、実施の形態 1 1 に係る回転電機の断面模式図である。図 1 5 は、回転電機の軸方向に垂直な面の断面模式図である。本実施の形態の回転電機 1 は、固定子 1 0 と、この固定子 1 0 と空隙を介して固定子 1 0 の外周側に回転可能に設けられた低速回転子 2 0 と、この固定子 1 0 と空隙を介して固定子 1 0 の内周側に回転可能に設けられた高速回転子 3 0 とを備えている。固定子 1 0、低速回転子 2 0 および高速回転子 3 0 は、円筒状の形状であり、同軸状に配置されている。本実施の形態の回転電機 1 は、外径側から低速回転子 2 0、固定子 1 0 および高速回転子 3 0 の順に配置されている。

【 0 0 5 0 】

固定子 1 0 は、周方向に並んで配置された複数の固定子磁極片 1 6 と、複数の固定子磁極片 1 6 の間にそれぞれ配置された複数の非磁性金属の固定子スペーサ 1 7 とを備えてい

10

20

30

40

50

る。1つの固定子磁極片16は、複数の薄板状の電磁鋼板が軸方向に積層されて構成されている。固定子スペーサ17は、実施の形態1で説明したスペーサと同様に、軸方向の中央部に空洞部が設けられている。固定子スペーサ17の軸方向端部には、円環状のクランパが配置されている。固定子スペーサ17とクランパとは締結具18で締結されている。締結具18は、固定子スペーサ17およびクランパと電氣的に絶縁されている。

【0051】

低速回転子20は、円筒状の低速回転子コア27と、低速回転子コア27の内周側に取り付けられた低速回転子永久磁石28とで構成されている。

高速回転子30は、円筒状の高速回転子コア31と、高速回転子コア31の外周側の表面に周方向に並んで配置された回転子永久磁石32とを備えている。

10

【0052】

本実施の形態の回転電機1は、固定子スペーサ17に空洞部が設けられているので、空洞部が設けられていない固定子スペーサを用いた回転電機よりも軽量になる。

【0053】

本願は、様々な例示的な実施の形態および実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、および機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。したがって、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

20

【符号の説明】

【0054】

1 回転電機、10 固定子、11 固定子コア、12 固定子コイル、13 固定子永久磁石、14 ティース、15 スロット、16 固定子磁極片、17 固定子スペーサ、18 締結具、20 低速回転子、21 磁極片、21a 斜めの面、21b 絶縁部材、21c 凹部、21d 凸部、21e 連結部、21f 磁性連結部材、22 スペーサ、22a 空洞部、22b 放熱フィン、22c 樹脂、23 電気絶縁層、24 クランパ、25 トルク伝達部材、26 締結具、27 低速回転子コア、28 低速回転子永久磁石、30 高速回転子、31 高速回転子コア、32 回転子永久磁石。

30

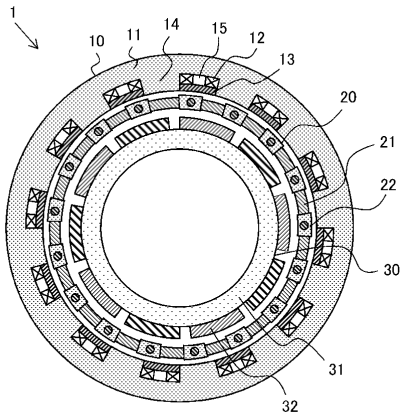
40

50

【図面】

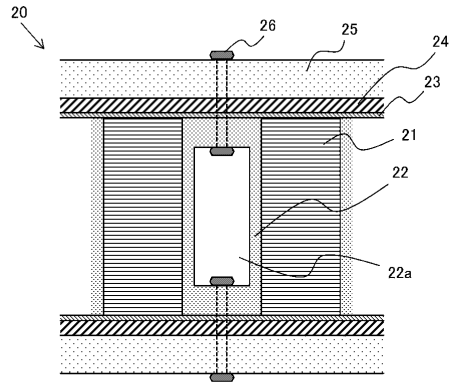
【図 1】

図1



【図 2】

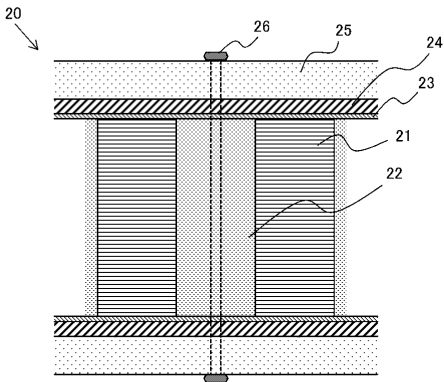
図2



10

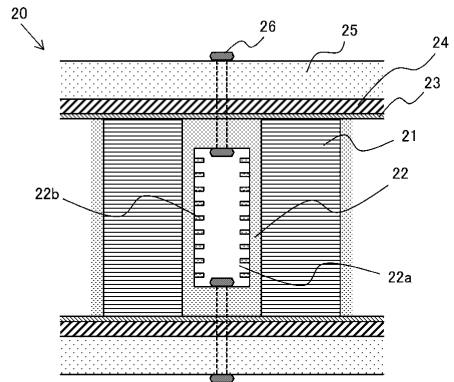
【図 3】

図3



【図 4】

図4



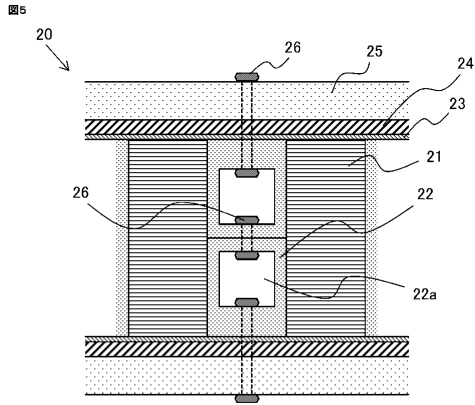
20

30

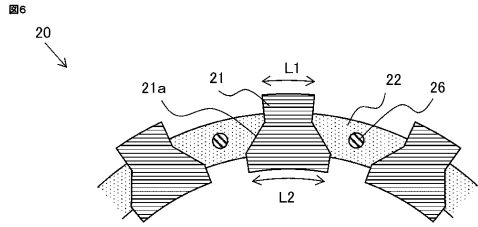
40

50

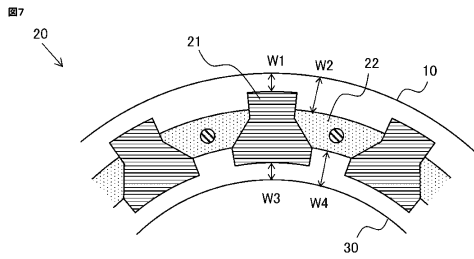
【図5】



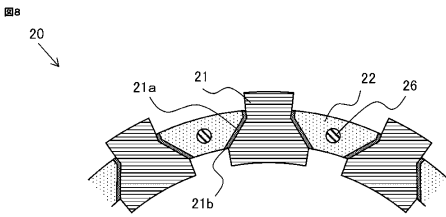
【図6】



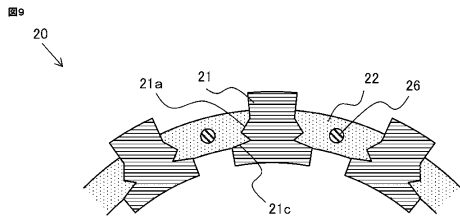
【図7】



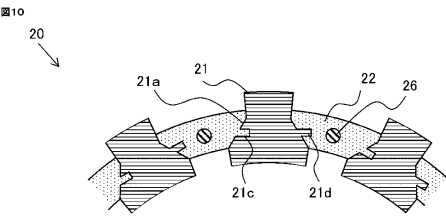
【図8】



【図9】



【図10】



10

20

30

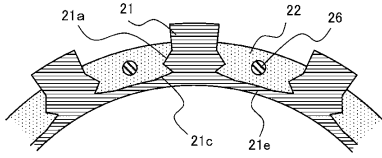
40

50

【図 1 1】

図11

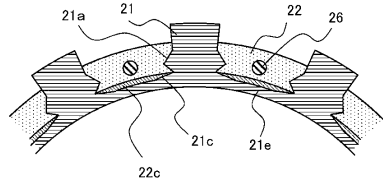
20



【図 1 2】

図12

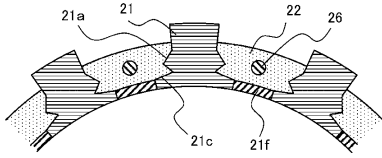
20



【図 1 3】

図13

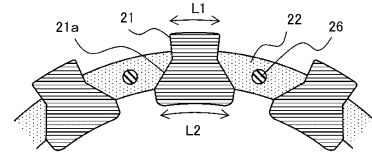
20



【図 1 4】

図14

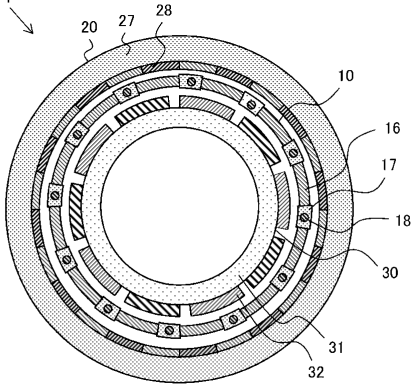
20



【図 1 5】

図15

1



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 滝澤 勇二

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 稲葉 礼子

(56)参考文献 特開2008-289227(JP,A)

特開2016-135014(JP,A)

特開2017-050944(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H02K 16/02

H02K 7/10