

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6218997号
(P6218997)

(45) 発行日 平成29年10月25日 (2017.10.25)

(24) 登録日 平成29年10月6日 (2017.10.6)

(51) Int. Cl. F I
HO2K 1/14 (2006.01) HO2K 1/14 Z
HO2K 15/02 (2006.01) HO2K 15/02 D

請求項の数 13 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2017-525645 (P2017-525645)	(73) 特許権者	000006013
(86) (22) 出願日	平成28年12月26日 (2016.12.26)		三菱電機株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/088711		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
審査請求日	平成29年5月11日 (2017.5.11)	(74) 代理人	100110423
(31) 優先権主張番号	特願2016-59892 (P2016-59892)		弁理士 曾我 道治
(32) 優先日	平成28年3月24日 (2016.3.24)	(74) 代理人	100111648
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 梶並 順
早期審査対象出願		(74) 代理人	100122437
			弁理士 大宅 一宏
		(74) 代理人	100147566
			弁理士 上田 俊一
		(74) 代理人	100161171
			弁理士 吉田 潤一郎
		(74) 代理人	100188514
			弁理士 松岡 隆裕

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機、電動パワーステアリング装置および回転電機の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転子と、

円環状のコアバック部と周方向に間隔をあけて配置され前記コアバック部から径方向に延びた複数のティース部とを含み、周方向に隣り合う前記複数のティース部の間にスロット部が形成された固定子鉄心を有し、前記回転子に対して磁気的空隙部を介して配置された固定子と

を備え、

前記複数のティース部のそれぞれは、前記回転子側の端部である先端部を有し、

前記固定子鉄心は、前記複数のティース部のそれぞれの前記先端部に設けられ前記複数のティース部のそれぞれの前記先端部から周方向に突出し周方向に隣り合う前記複数のティース部との間を連結する、磁性体から構成された連結部をさらに含み、

前記連結部における前記磁気的空隙部側には、切欠き部が形成され、

前記連結部は、前記切欠き部よりも前記スロット部側に設けられたスロット部側薄肉連結部を有し、

前記スロット部側薄肉連結部が形成された前記連結部の部分に対して周方向にずれた前記連結部の部分には、前記スロット部から前記スロット部側薄肉連結部よりも前記磁気的空隙部側に突出するスロット突出部が形成され、

前記連結部は、前記スロット突出部が形成された位置よりも前記磁気的空隙部側に設けられた磁気的空隙部側薄肉連結部と、前記スロット部側薄肉連結部と前記磁気的空隙部側

10

20

薄肉連結部との間を連結する径方向薄肉連結部とをさらに有し、

前記スロット突出部は、前記切欠き部の周方向両側に配置され、または、前記切欠き部は、前記スロット突出部の周方向両側に配置され、

前記固定子鉄心は、前記ティース部および前記連結部を有する固定子鉄心内径部と、前記コアバック部を有し、前記固定子鉄心内径部が内側に嵌め合わされ前記固定子鉄心内径部に径方向内側への力を加える固定子鉄心外径部とを備え、

前記固定子鉄心外径部によって前記固定子鉄心内径部に径方向内側への力が加わることにより、前記連結部には周方向について圧縮される力が加えられており、

前記スロット突出部が前記切欠き部の周方向両側に配置されている場合には、前記切欠き部の前記磁気的空隙部側における周方向幅を狭める方向に前記径方向薄肉連結部を变形させる力が前記径方向薄肉連結部に加えられ、

前記切欠き部が前記スロット突出部の周方向両側に配置されている場合には、前記スロット突出部の前記スロット部側における周方向幅を狭める方向に前記径方向薄肉連結部を变形させる力が前記径方向薄肉連結部に加えられている回転電機。

【請求項 2】

前記切欠き部および前記スロット突出部は、前記ティース部の中心を通り前記固定子の軸心を含む平面に対して鏡面对称に配置されている請求項 1 に記載の回転電機。

【請求項 3】

前記切欠き部および前記スロット突出部が形成された前記連結部は、前記固定子の軸心を中心に回転対称に配置されている請求項 1 に記載の回転電機。

【請求項 4】

前記連結部には、前記切欠き部および前記スロット突出部が周方向について交互に配置されている請求項 1 から請求項 3 までの何れか一項に記載の回転電機。

【請求項 5】

前記連結部に形成される前記切欠き部の数および前記スロット突出部の数の和は、奇数となっている請求項 4 に記載の回転電機。

【請求項 6】

前記スロット突出部における前記磁気的空隙部側に最も突出した部分は、前記切欠き部における前記スロット部側に最も突出した部分よりも前記磁気的空隙部側に配置されている請求項 1 から請求項 5 までの何れか一項に記載の回転電機。

【請求項 7】

前記切欠き部および前記スロット突出部の少なくとも一方には、非磁性部材が挿入されている請求項 1 から請求項 6 までの何れか一項に記載の回転電機。

【請求項 8】

前記スロット突出部には、非磁性部材が挿入されており、前記非磁性部材は、電機子コイルと前記ティース部との間に挿入されたインシュレータと一体となっている請求項 1 から請求項 6 までの何れか一項に記載の回転電機。

【請求項 9】

前記固定子鉄心は、複数種類の固定子鉄心コアシートが積層されて構成されており、互いに重ねられた異なる種類の前記固定子鉄心コアシート的一方における前記切欠き部または前記スロット突出部は、他方における前記切欠き部または前記スロット突出部と周方向にずれて配置されている請求項 1 から請求項 8 までの何れか一項に記載の回転電機。

【請求項 10】

前記ティース部における前記磁気的空隙部側には、ティース切欠き部が形成され、軸心を中心とした前記ティース切欠き部の周方向に占める角度を 1、前記軸心を中心とした前記切欠き部の周方向に占める角度を 2 とした場合に、

$$1 / 2 = 1 / 7$$

を満たす請求項 1 から請求項 9 までの何れか一項に記載の回転電機。

【請求項 11】

前記ティース部を挟んで周方向に隣り合う一对の前記連結部の中の一方向の前記連結部で

10

20

30

40

50

ある第1連結部に形成された前記切欠き部の周方向中心部と軸線とを結んだ直線と、他方の前記連結部である第2連結部に形成された前記切欠き部の周方向中心部と軸線とを結んだ直線との間の周方向の角度を m_2 、

前記第1連結部に形成された前記切欠き部の周方向中心部と軸線とを結んだ直線と、前記第1連結部および前記第2連結部に挟まれた前記ティース部に形成された前記ティース切欠き部の周方向中心部と軸線とを結んだ直線との間の周方向の角度を m_1 とした場合に、

m_1 / m_2 が 0.33 以上 0.66 以下

である請求項 10 に記載の回転電機。

【請求項 12】

請求項 1 から請求項 11 までの何れか一項に記載の回転電機を備えた電動パワーステアリング装置。

【請求項 13】

回転子と、

円環状のコアバック部と周方向に間隔をあけて配置され前記コアバック部から径方向に延びた複数のティース部とを含み、周方向に隣り合う前記複数のティース部の間にスロット部が形成された固定子鉄心を有し、前記回転子に対して磁気的空隙部を介して配置された固定子と

を備え、

前記複数のティース部のそれぞれは、前記回転子側の端部である先端部を有し、

前記固定子鉄心は、前記複数おティース部のそれぞれの前記先端部に設けられ前記複数のティース部のそれぞれの前記先端部から周方向に突出し周方向に隣り合う前記複数のティース部との間を連結する、磁性体から構成された連結部をさらに含み、

前記連結部における前記磁気的空隙部側には、切欠き部が形成され、

前記連結部は、前記切欠き部よりも前記スロット部側に設けられたスロット部側薄肉連結部を有し、

前記スロット部側薄肉連結部が形成された前記連結部の部分に対して周方向にずれた前記連結部の部分には、前記スロット部から前記スロット部側薄肉連結部よりも前記磁気的空隙部側に突出するスロット突出部が形成され、

前記連結部は、前記スロット突出部が形成された位置よりも前記磁気的空隙部側に設けられた磁気的空隙部側薄肉連結部と、前記スロット部側薄肉連結部と前記磁気的空隙部側薄肉連結部との間を連結する径方向薄肉連結部とをさらに有し、

前記スロット突出部は、前記切欠き部の周方向両側に配置され、または、前記切欠き部は、前記スロット突出部の周方向両側に配置され、

前記固定子鉄心は、前記複数のティース部および前記連結部を有する固定子鉄心内径部と、前記コアバック部を有し、前記固定子鉄心内径部が内側に嵌め合わされ前記固定子鉄心内径部に径方向内側への力を加える固定子鉄心外径部とを備え、

前記固定子鉄心外径部によって前記固定子鉄心内径部に径方向内側への力が加わることにより、前記連結部には周方向について圧縮される力が加えられており、

前記スロット突出部が前記切欠き部の周方向両側に配置されている場合には、前記切欠き部の前記磁気的空隙部側における周方向幅を狭める方向に前記径方向薄肉連結部を变形させる力が前記径方向薄肉連結部に加えられ、

前記切欠き部が前記スロット突出部の周方向両側に配置されている場合には、前記スロット突出部の前記スロット部側における周方向幅を狭める方向に前記径方向薄肉連結部を变形させる力が前記径方向薄肉連結部に加えられている回転電機の製造方法であって、

前記固定子鉄心内径部を前記固定子鉄心外径部の内側に嵌め合わせる嵌合工程を備えている回転電機の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

この発明は、回転子と、回転子に対して磁気的空隙部を介して配置された固定子とを備えた回転電機、電動パワーステアリング装置および回転電機の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、固定子鉄心における隣り合うティース部の先端部の間を磁性体から構成された連結部で連結して剛性を高めた回転電機であって、連結部は、固定子の軸心に沿った厚みの寸法を他の部分よりも小さくした薄肉部を有し、連結部を通る漏れ磁束の低減を図った回転電機が知られている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2004-304997号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、固定子鉄心の製造上または強度上、連結部における薄肉部の厚みの寸法を一定以上とする必要があるため、連結部を通る漏れ磁束の量が大きいという課題があった。

【0005】

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、連結部を通る漏れ磁束の量を低減させることができる回転電機、電動パワーステアリング装置および回転電機の製造方法を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明に係る回転電機は、回転子と、円環状のコアバック部と周方向に間隔をあけて配置されコアバック部から径方向に延びた複数のティース部とを含み、周方向に隣り合う複数のティース部の間にスロット部が形成された固定子鉄心を有し、回転子に対して磁気的空隙部を介して配置された固定子とを備え、複数のティース部のそれぞれは、回転子側の端部である先端部を有し、固定子鉄心は、複数のティース部のそれぞれの先端部に設けられ複数のティース部のそれぞれの先端部から周方向に突出し周方向に隣り合う複数のティース部との間を連結する、磁性体から構成された連結部をさらに含み、連結部における磁気的空隙部側には、切欠き部が形成され、連結部は、切欠き部よりもスロット部側に設けられたスロット部側薄肉連結部を有し、スロット部側薄肉連結部が形成された連結部の部分に対して周方向にずれた連結部の部分には、スロット部からスロット部側薄肉連結部よりも磁気的空隙部側に突出するスロット突出部が形成され、スロット突出部は、切欠き部の周方向両側に配置され、または、切欠き部は、スロット突出部の周方向両側に配置されている。

【発明の効果】

【0007】

この発明に係る回転電機によれば、固定子鉄心のティース部の先端が連結部によって連結された回転電機において、連結部を通る漏れ磁束の経路をより長くすることができるので、連結部を通る漏れ磁束の量を低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】この発明の実施の形態1に係る自動車の電動パワーステアリング装置を示す説明図である。

【図2】図1の電動駆動装置を示す説明図である。

【図3】図2の回転電機を示す断面図である。

【図4】図3のB部拡大図である。

【図5】図4の連結部を示す拡大図である。

10

20

30

40

50

- 【図 6】従来例の固定子鉄心の要部を示す拡大図である。
- 【図 7】図 6 の連結部を通る漏れ磁束の経路を示す図である。
- 【図 8】図 5 の連結部を通る漏れ磁束の経路を示す図である。
- 【図 9】同等の駆動条件下での実施の形態 1 および従来例における P 1 - P 2 間の磁気抵抗を示すグラフである。
- 【図 10】実施の形態 1 および従来例のそれぞれの回転電機が同一条件で駆動した場合のトルク波形を示すグラフである。
- 【図 11】実施の形態 1 に係る回転電機における連結部の変形例を示す図である。
- 【図 12】この発明の実施の形態 2 に係る回転電機の連結部およびティース部を示す図である。 10
- 【図 13】図 12 の連結部を示す拡大図である。
- 【図 14】この発明の実施の形態 3 に係る回転電機の連結部およびティース部を示す図である。
- 【図 15】図 14 の連結部を示す拡大図である。
- 【図 16】この発明の実施の形態 4 に係る回転電機の連結部およびティース部を示す図である。
- 【図 17】図 16 の連結部を示す拡大図である。
- 【図 18】実施の形態 4 に係る回転電機における連結部の変形例を示す図である。
- 【図 19】図 18 の連結部を示す拡大図である。
- 【図 20】この発明の実施の形態 5 に係る回転電機の連結部およびティース部を示す図である。 20
- 【図 21】図 20 の連結部を示す拡大図である。
- 【図 22】この発明の実施の形態 6 に係る回転電機の連結部およびティース部を示す図である。
- 【図 23】実施の形態 6 に係る回転電機における非磁性部材の変形例を示す図である。
- 【図 24】この発明の実施の形態 7 に係る回転電機を示す断面図である。
- 【図 25】図 24 の固定子鉄心における固定子鉄心コアシートの積層パターンを示す図である。
- 【図 26】図 25 の固定子鉄心内径部を固定子鉄心外径部の内側に嵌め合う工程の一部を示す図である。 30
- 【図 27】従来例の連結部において周方向について圧縮される方向に力が加えられた状態を示す図である。
- 【図 28】図 26 の連結部において周方向について圧縮される方向に力が加えられた状態を示す図である。
- 【図 29】この発明の実施の形態 8 に係る回転電機の固定鉄心の要部を示す図である。
- 【図 30】図 29 の連結部を示す拡大図である。
- 【図 31】図 29 の回転電機における回転子の形状にばらつきが生じた場合または永久磁石の位置、形状および残留磁束密度にばらつきが生じた場合に回転子に生じるコギングトルクを示すグラフである。
- 【図 32】図 29 の回転電機における回転子の形状にばらつきが生じた場合または永久磁石の位置、形状および残留磁束密度にばらつきが生じた場合に回転子に生じるコギングトルクを示すグラフである。 40
- 【発明を実施するための形態】
- 【0009】
- 実施の形態 1 .
- 図 1 はこの発明の実施の形態 1 に係る自動車の電動パワーステアリング装置を示す説明図である。運転者は図示しないステアリングホイールを操舵し、そのトルクが図示しないステアリングシャフトを介してシャフト 1 に伝達される。このときトルクセンサ 2 が検出したトルクの情報は、電気信号に変換されケーブルを通じてコネクタ 3 を介して電動駆動装置 4 の ECU (エンジンコントロールユニット) 401 に伝達される。一方、車速など 50

の自動車の情報が電気信号に変換されコネクタ5を介してECU401に伝達される。ECU401は、トルクの情報および車速などの自動車の情報から、必要なアシストトルクを演算し、インバータを通じて電動駆動装置4の回転電機402に電流を供給する。

【0010】

電動駆動装置4は、ラック軸の移動方向に平行となるように配置されている。ラック軸の移動方向は、図1では矢印Aの方向である。また、ECU401への電源供給は、バッテリーおよびオルタネータから電源コネクタ6を介して送られる。電動駆動装置4の回転電機402により発生したトルクは、図示しないベルトと図示しないボールねじが内蔵されたギヤボックス7によって減速され、ハウジング8の内部にある図示しないラック軸を矢印Aの方向に動かす推力を発生させ、運転者の操舵力をアシストする。これにより、タイロッド9が動き、タイヤが転舵して車両を旋回させることができる。回転電機402により発生するトルクによってアシストされることによって、運転者は少ない操舵力で車両を旋回させることができる。なお、ラックブーツ10は、異物が電動パワーステアリング装置の内部に進入しないように設けられている。

10

【0011】

図2は図1の電動駆動装置4を示す説明図である。電動駆動装置4は、ECU401と本発明の回転電機402とが一体となった構造となっている。回転電機402について説明する。回転電機402は、固定子鉄心403および固定子鉄心403に収められた電機子巻線404を有する固定子405と、固定子405が固定されるフレーム406とを備えている。また、回転電機402は、フレーム406に一体に設けられた壁部407と、フレーム406に設けられるハウジング408と、ハウジング408をフレーム406に固定するためのボルト409とを備えている。ハウジング408は、回転電機402の前面部に配置される。回転電機402の前面部とは、図2において、回転電機402の左側の部分である。なお、壁部407は、フレーム406と別体に設けられてもよい。

20

【0012】

また、回転電機402は、ハウジング408に設けられた軸受410と、フレーム406に支持された軸受411とを備えている。軸受411は、壁部407に取り付けられている。軸受410は、壁部407を介してフレーム406に支持されている。

【0013】

また、回転電機402は、軸受410および軸受411により回転自在に支えられる回転軸412、回転軸412に設けられた回転子鉄心413および回転子鉄心413に設けられた永久磁石414を有する回転子415を備えている。回転軸412は、回転子鉄心413に形成された貫通孔に圧入されている。これにより、回転子鉄心413は、回転軸412に固定されている。永久磁石414は、回転子鉄心413に固定されている。以後、断面とは、回転軸412に垂直な面で切った場合の断面である。

30

【0014】

図3は図2の回転電機402を示す断面図である。回転電機402は、回転子415の極数が14、固定子405のスロット数が18の回転電機402である。固定子405の径方向内側には、磁気的空隙部416を介して回転自在に回転子415が設けられている。磁気的空隙部416とは、固定子405の磁性体である固定子鉄心403と、回転子415の磁性体である、回転子鉄心413および永久磁石414との間の空隙である。

40

【0015】

回転子415は、回転軸412と、回転軸412の径方向外側に設けられた回転子鉄心413とを備え、回転子鉄心413には、複数の永久磁石埋め込み部417が形成されている。この例では、14個の永久磁石埋め込み部417が回転子鉄心413に形成されている。永久磁石埋め込み部417は、周方向に等間隔に並べて配置されている。それぞれの永久磁石埋め込み部417には、断面形状が四角形状の永久磁石414が別々に埋め込まれている。永久磁石414の磁極は、周方向に等間隔に並べて配置されている。永久磁石414は、径方向長さが周方向長さとは比べてより長い形状となるように、永久磁石埋め込み部417に埋め込まれている。断面形状が四角形状の永久磁石414を用いることに

50

よって、永久磁石 4 1 4 の加工コストを低減させることができる。永久磁石 4 1 4 の着磁方向は、図 3 に示す N および S がそれぞれ N 極および S 極となるような方向となっている。すなわち、永久磁石 4 1 4 は、隣り合う永久磁石 4 1 4 の互いに向かい合う面が互いに同一の極となるように着磁されている。永久磁石 4 1 4 の着磁方向をこのようにすることによって、磁束を回転子鉄心 4 1 3 に集中させて、回転子鉄心 4 1 3 の磁束密度を高めることができる。

【 0 0 1 6 】

隣り合う永久磁石 4 1 4 の間には、回転子鉄心 4 1 3 が介在している。回転子鉄心 4 1 3 における固定子 4 0 5 に対向する面の形状は、曲面形状となっている。回転子鉄心 4 1 3 における固定子 4 0 5 に対向する面の形状は、隣り合う永久磁石 4 1 4 の間の中間点において、固定子 4 0 5 との間の空隙長が短くなるような凸形状の曲面形状となっている。言い換えれば、回転子鉄心 4 1 3 における固定子 4 0 5 に対向する面の形状は、周方向中間部が周方向端部よりも固定子 4 0 5 に近づくように突出する凸形状の曲面形状となっている。回転子鉄心 4 1 3 における固定子 4 0 5 に対向する面の形状をこのような形状にすることによって、回転子鉄心 4 1 3 と固定子 4 0 5 との間の空隙に発生する磁束密度の波形を滑らかにすることができ、その結果、回転電機 4 0 2 におけるコギングトルクおよびトルク脈動をより小さくすることができる。

【 0 0 1 7 】

回転子 4 1 5 は、永久磁石 4 1 4 よりも径方向内側に設けられた非磁性部を備えている。この非磁性部は、例えば、内部に空気が満たされた空洞であってもよく、また、空洞に充填された樹脂であってもよい。また、この非磁性部は、例えば、空洞に挿入された、ステンレス、アルミニウム等のような非磁性の金属であってもよい。永久磁石 4 1 4 よりも径方向内側に非磁性部が設けられることによって、永久磁石 4 1 4 からの漏れ磁束を低減させることができる。

【 0 0 1 8 】

回転子鉄心 4 1 3 は、周方向に隣り合う永久磁石 4 1 4 の間に配置される部分である回転子鉄心外径部と、回転軸 4 1 2 の外周を囲う部分である回転子鉄心内径部と、回転子鉄心外径部と回転子鉄心内径部との間に設けられたブリッジ部 4 1 8 とを有している。ブリッジ部 4 1 8 は、回転子鉄心外径部と回転子鉄心内径部とを機械的に連結する働きを持っている。なお、この例では、全ての回転子鉄心外径部と回転子鉄心内径部との間にブリッジ部 4 1 8 が設けられているが、これに限るものではなく、一部の回転子鉄心外径部と回転子鉄心内径部との間にブリッジ部 4 1 8 が設けられていない場合、ブリッジ部 4 1 8 が設けられていない回転子鉄心外径部と回転子鉄心内径部との間を通る漏れ磁束を低減させることができ、回転電機 4 0 2 が出力する平均トルクを向上させることができる。

【 0 0 1 9 】

以上の構成によって、回転子鉄心 4 1 3 と固定子 4 0 5 との間の空隙に発生する磁束密度の波形を滑らかにしてコギングトルクおよびトルク脈動を低減させつつ、永久磁石 4 1 4 の径方向長さが周方向長さ比べてより長いために、磁束を回転子鉄心 4 1 3 に集中させることができ、回転電機 4 0 2 が出力するトルクを高めることができる。また、断面形状が四角形状の永久磁石 4 1 4 を用いることができるので、永久磁石 4 1 4 の加工コストを低減させることができ、または、磁石飛散防止に用いられる金属の管が不要となるので、回転電機 4 0 2 の低コスト化を図ることができる。

【 0 0 2 0 】

固定子 4 0 5 は、円環状のコアバック部 4 1 9 と周方向に間隔をあけて等間隔に配置されコアバック部 4 1 9 から磁氣的空隙部 4 1 6 に向かって突出する複数のティース部 4 2 0 とを有し、周方向に隣り合うティース部 4 2 0 の間にスロット部 4 2 1 が形成された固定子鉄心 4 0 3 と、固定子鉄心 4 0 3 におけるスロット部 4 2 1 に収容された電機子コイル 4 2 3 とを備えている。スロット部 4 2 1 とは、隣り合うティース部 4 2 0 とコアバ

10

20

30

40

50

ク部 4 1 9 と後述する連結部 4 2 4 とで囲まれる空間である。この例では、ティース部 4 2 0、スロット部 4 2 1 および電機子コイル 4 2 3 の数は、18 個となっている。また、固定子 4 0 5 は、固定子鉄心 4 0 3 のティース部 4 2 0 と電機子コイル 4 2 3 との間に挿入され、樹脂等で構成された図示しないインシュレータをさらに備えている。このインシュレータは、ティース部 4 2 0 と電機子コイル 4 2 3 との間を電氣的に絶縁する。

【 0 0 2 1 】

6 個の U 相の電機子コイル 4 2 3 と、6 個の V 相の電機子コイル 4 2 3 と、6 個の W 相の電機子コイル 4 2 3 とが接続されている。図 3 では、+ U 1 1、- U 1 2、+ U 1 3、- U 2 1、+ U 2 2 および - U 2 3 が U 相であり、+ V 1 1、- V 1 2、+ V 1 3、- V 2 1、+ V 2 2 および - V 2 3 が V 相であり、- W 1 1、+ W 1 2、- W 1 3、+ W 2 1、- W 2 2 および + W 2 3 が W 相である。電機子コイル 4 2 3 は、図 3 に示すティース部 4 2 0 の番号である 1 ~ 1 8 に対応して、+ U 1 1、+ V 1 1、- V 1 2、- W 1 1、- U 1 2、+ U 1 3、+ V 1 3、+ W 1 2、- W 1 3、- U 2 1、- V 2 1、+ V 2 2、+ W 2 1、+ U 2 2、- U 2 3、- V 2 3、- W 2 2、+ W 2 3 の順に並んで配置されている。ただし、「+」および「-」は、コイルの巻極性を示しており、「+」と「-」とは、巻極性が互いに逆となる。18 個の電機子コイル 4 2 3 のそれぞれは、相毎に接続されている。さらに、各相の電機子コイル 4 2 3 は、回転電機 4 0 2 の外部で互いに結線されている。電機子コイル 4 2 3 が結線されることによって電機子巻線 4 0 4 が構成される。電機子コイル 4 2 3 には、U 相、V 相および W 相に対応して、3 n 相の電流が供給される。ここで、n は、1 以上の整数である。電機子コイル 4 2 3 に電流が供給されることによって、回転電機 4 0 2 の回転子 4 1 5 がトルクを発生させる。

【 0 0 2 2 】

固定子鉄心 4 0 3 は、複数のティース部 4 2 0 のそれぞれの先端部に設けられ複数のティース部 4 2 0 のそれぞれの先端部から周方向に突出し周方向に隣り合うティース部 4 2 0 の間を連結する、磁性体から構成された連結部 4 2 4 をさらに有している。ティース部 4 2 0 の先端部とは、ティース部 4 2 0 における回転子 4 1 5 に最も近い側の端部である。連結部 4 2 4 は、隣り合うティース部 4 2 0 のそれぞれの先端部における、互いに周方向に隣り合う周方向端部の間を連結する。連結部 4 2 4 の数は、ティース部 4 2 0 の数に対応して、18 個となっている。

【 0 0 2 3 】

回転電機 4 0 2 が駆動する場合、固定子 4 0 5 における径方向内側部分には、固定子 4 0 5 の内周が歪むような径方向の電磁力が働く。しかしながら、隣り合うティース部 4 2 0 の間を連結部 4 2 4 によって連結することによって、固定子鉄心 4 0 3 における回転子 4 1 5 側の内周の強度を、ティース部 4 2 0 の先端部の間を連結しない場合と比較して、向上させることができる。これにより、固定子 4 0 5 の剛性を、ティース部 4 2 0 の先端部の間を連結しない場合と比較して、向上させることができる。その結果、回転電機 4 0 2 の振動を低減させることができる。また、このように隣り合うティース部 4 2 0 の間を連結する場合、スロット部 4 2 1 における回転子 4 1 5 側の開口部が塞がれるので、固定子鉄心 4 0 3 から径方向内側への電機子コイル 4 2 3 の飛び出しを防ぐことができ、また、スロットパーミアンスの高調波成分を低減させることができる。スロットパーミアンスの高調波成分を低減させることによって、コギングトルクおよび電磁加振力を低減させることができる。

【 0 0 2 4 】

図 4 は図 3 の B 部拡大図である。実施の形態 1 では、ティース部 4 2 0 および連結部 4 2 4 における磁氣的空隙部 4 1 6 側の端面が、回転軸 4 1 2 の軸心を中心とした円筒にほぼ沿う形状となっているが、連結部 4 2 4 には、この端面よりもスロット部 4 2 1 側に突出する略四角形状の切欠き部 4 2 5 が形成されている。切欠き部 4 2 5 は、連結部 4 2 4 が切欠かれることによって形成されている。言い換えると、連結部 4 2 4 における磁氣的空隙部 4 1 6 側の部分には、切欠き部 4 2 5 が形成されている。切欠き部 4 2 5 は、周方向に一定の幅を有している。また、連結部 4 2 4 には、スロット部 4 2 1 から磁氣的空隙

10

20

30

40

50

部 4 1 6 側に突出する略四角形状のスロット突出部 4 2 6 が形成されている。スロット突出部 4 2 6 は、連結部 4 2 4 が切欠かれることによって形成されている。言い換えると、連結部 4 2 4 におけるスロット部 4 2 1 側の部分には、スロット突出部 4 2 6 が形成されている。

【 0 0 2 5 】

図 5 は図 4 の連結部 4 2 4 を示す拡大図である。連結部 4 2 4 は、切欠き部 4 2 5 が形成された位置よりもスロット部 4 2 1 側、つまり、径方向外側の位置に設けられたスロット部側薄肉連結部 4 2 7 を有している。スロット突出部 4 2 6 は、連結部 4 2 4 における切欠き部 4 2 5 が形成された周方向範囲を除く範囲において、スロット部側薄肉連結部 4 2 7 のスロット部 4 2 1 側に最も突出した位置に対して磁気的空隙部 4 1 6 側に突出している。言い換えると、スロット突出部 4 2 6 は、スロット部側薄肉連結部 4 2 7 が形成された連結部 4 2 4 の部分に対して周方向にずれた連結部 4 2 4 の部分に形成されている。回転軸 4 1 2 の軸心を中心とした場合のスロット突出部 4 2 6 の最内径は、回転軸 4 1 2 の軸心を中心とした場合のスロット部側薄肉連結部 4 2 7 の最外径よりも小さくなっている。

10

【 0 0 2 6 】

また、連結部 4 2 4 は、スロット突出部 4 2 6 が形成された位置よりも磁気的空隙部 4 1 6 側、つまり、径方向内側の位置に設けられた磁気的空隙部側薄肉連結部 4 2 8 と、スロット部側薄肉連結部 4 2 7 と磁気的空隙部側薄肉連結部 4 2 8 との間を連結する径方向薄肉連結部 4 2 9 とを有している。スロット突出部 4 2 6 は、切欠き部 4 2 5 に対して、周方向両側に配置されている。切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 は、固定子 4 0 5 のティース部 4 2 0 の中央を通る中央線 C に対して鏡面对称に配置されている。言い換えれば、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 は、ティース部 4 2 0 の中心を通り固定子 4 0 5 の軸心を含む平面に対して鏡面对称に配置されている。

20

【 0 0 2 7 】

また、連結部 4 2 4 は、ティース部 4 2 0 の先端部から径方向の幅が漸減しながら周方向外側に突出するつば部 4 3 7 をさらに有している。つば部 4 3 7 は、ティース部 4 2 0 と磁気的空隙部側薄肉連結部 4 2 8 とを連結している。スロット部側薄肉連結部 4 2 7 の径方向の幅および磁気的空隙部側薄肉連結部 4 2 8 の径方向の幅は、つば部 4 3 7 の径方向の最小幅よりも小さく、また、連結部 4 2 4 において最小となっている。

30

【 0 0 2 8 】

図 4 に示すように、電機子巻線 4 0 4 に電流が供給されると、ティース部 4 2 0 には径方向に延びる磁束が生じる。この磁束は、ティース部 4 2 0 の先端部において、磁気的空隙部 4 1 6 に向かう主磁束 D と、隣り合うティース部 4 2 0 に向かう漏れ磁束 E とに分岐する。合計 1 8 個のティース部 4 2 0 を通る主磁束 D によって、固定子 4 0 5 と回転子 4 1 5 との間の空隙部に磁束が生じ、回転電機 4 0 2 にトルクが発生する。一方、漏れ磁束 E は、固定子 4 0 5 と回転子 4 1 5 との間の空隙部に磁束を生じさせず、回転電機 4 0 2 に発生するトルクに寄与しない。

【 0 0 2 9 】

ここで、連結部 4 2 4 を用いて隣り合うティース部 4 2 0 の先端部の間を連結した回転電機 4 0 2 を駆動する場合、隣り合うティース部 4 2 0 の間が磁性体で連結されているため、連結部 4 2 4 における磁束が通る経路において磁気抵抗が低下し、漏れ磁束 E が増加する。その結果、主磁束 D の量が相対的に減少して、回転電機 4 0 2 が出力する平均トルクが低下するという課題がある。

40

【 0 0 3 0 】

また、連結部 4 2 4 が磁性体から構成されているため、回転子 4 1 5 の位置が変化すると回転子 4 1 5 および電機子コイル 4 2 3 によって生じる磁束によって連結部 4 2 4 に磁気飽和が生じ、連結部 4 2 4 の磁気抵抗が変化する。これにより、漏れ磁束 E が変動し、合計 1 8 個のティース部 4 2 0 に生じる主磁束の量の総和が変動する。その結果、回転電機 4 0 2 においてトルク脈動が増加してしまう。つまり、連結部 4 2 4 を用いてティース

50

部 4 2 0 の先端部を連結する回転電機 4 0 2 では、トルク脈動が増加するという課題がある。

【 0 0 3 1 】

次に、実施の形態 1 における効果を従来例と比較して説明する。図 6 は従来例の固定子鉄心の要部を示す拡大図である。従来例では、連結部 4 2 4 には、ティース部 4 2 0 および連結部 4 2 4 における磁気的空隙部 4 1 6 側の端面よりもスロット部 4 2 1 側に突出する切欠き部 4 2 5 が形成されている。従来例では、連結部 4 2 4 にスロット突出部 4 2 6 が形成されていない。図 6 では、連結部 4 2 4 における P 1 - P 2 間の構成のみが、実施の形態 1 と異なっており、その他の構成は、実施の形態 1 と同一である。

【 0 0 3 2 】

図 7 は図 6 の連結部 4 2 4 を通る漏れ磁束 E の経路を示す図、図 8 は図 5 の連結部 4 2 4 を通る漏れ磁束 E の経路を示す図である。実施の形態 1 では、P 1 - P 2 間を通る漏れ磁束 E の経路には、径方向薄肉連結部 4 2 9 を通る経路が含まれるため、連結部 4 2 4 を通る漏れ磁束 E の経路が従来例と比較してより長くなっている。これは、実施の形態 1 では、連結部 4 2 4 が、スロット部側薄肉連結部 4 2 7 と磁気的空隙部側薄肉連結部 4 2 8 との間を連結する径方向薄肉連結部 4 2 9 を有しているためである。

【 0 0 3 3 】

次に、図 7 および図 8 の連結部 4 2 4 における P 1 - P 2 間における磁気抵抗について説明する。図 9 は同等の駆動条件下での実施の形態 1 および従来例における P 1 - P 2 間の磁気抵抗を示すグラフである。実施の形態 1 における P 1 - P 2 間の磁気抵抗は、連結部 4 2 4 を通る漏れ磁束 E の経路が従来例と比較してより長くなっているため、連結部 4 2 4 の磁気抵抗が従来例と比較して 1 . 3 8 倍まで増加している。したがって、実施の形態 1 における連結部 4 2 4 では、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 が連結部 4 2 4 に形成されているため、連結部 4 2 4 は、スロット部側薄肉連結部 4 2 7 と磁気的空隙部側薄肉連結部 4 2 8 との間を連結する径方向薄肉連結部 4 2 9 を有し、連結部 4 2 4 の磁気抵抗が増加する効果が得られる。なお、この例では、実施の形態 1 および従来例において連結部 4 2 4 における P 1 - P 2 間の構成のみが異なる構成について説明したが、他の構成であっても、連結部 4 2 4 が径方向薄肉連結部 4 2 9 を有する場合に、連結部 4 2 4 の磁気抵抗が増加する効果が得られる。

【 0 0 3 4 】

次に、実施の形態 1 および従来例のそれぞれの回転電機が同一条件で駆動した場合のトルク波形について説明する。図 1 0 は実施の形態 1 および従来例のそれぞれの回転電機が同一条件で駆動した場合のトルク波形を示すグラフである。図 1 0 では、従来例の回転電機が出力する平均トルクで規格化した値を示している。実施の形態 1 の回転電機では、従来例の回転電機と比較して、平均トルクが 1 . 0 から 1 . 0 1 1 まで約 1 . 1 % だけ増加し、トルク脈動が 0 . 0 4 から 0 . 0 2 まで約 5 0 % だけ低下している。平均トルクが増加した理由としては、連結部 4 2 4 の磁気抵抗が増加したため、漏れ磁束が低下し、主磁束量が増加したためである。トルク脈動が低減した理由としては、連結部 4 2 4 の磁気抵抗が増加したため、主磁束に対する漏れ磁束量が相対的に低減し、回転子 4 1 5 の回転に伴い漏れ磁束が変動した場合の主磁束の変動への影響が低減したためである。したがって、実施の形態 1 では、連結部 4 2 4 の磁気抵抗が増加したため、回転電機の平均トルクを向上させ、回転電機のトルク脈動を低減させることができる。

【 0 0 3 5 】

回転電機 4 0 2 にトルクが生じる場合、ティース部 4 2 0 の先端部を通る主磁束および漏れ磁束は、回転子 4 1 5 に対して、吸引される方向または反発する方向に流れる。したがって、主磁束および漏れ磁束のそれぞれには、周方向線分が含まれる。実施の形態 1 では、回転電機 4 0 2 の回転子 4 1 5 は、図 3 の紙面上で時計回りまたは反時計回りに回転する。電機子巻線 4 0 4 には、3 n 相の電流が供給されるため、回転方向が異なる場合には、主磁束および漏れ磁束が回転子 4 1 5 に吸引される方向または反発する方向が反転するため、主磁束および漏れ磁束のそれぞれの周方向成分も反転する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

隣り合うティース部 4 2 0 の間に連結部 4 2 4 が設けられた構造では、主磁束および漏れ磁束のそれぞれの周方向成分が反転すると、連結部 4 2 4 の形状の影響および連結部 4 2 4 における磁気飽和が生じる箇所のティース部 4 2 0 に対する対称性が異なる影響から、連結部 4 2 4 を通る漏れ磁束が変化する。結果として、主磁束の量が回転電機 4 0 2 の回転方向によって異なる場合が懸念される。このように、主磁束の量が回転電機 4 0 2 の回転方向によって異なる場合、回転電機 4 0 2 の平均トルクおよびトルク脈動が回転方向によってばらつきが生じる。したがって、一方の回転方向で連結部 4 2 4 の磁気抵抗を増加させて、平均トルクを向上させ、トルク脈動を低減させても、他方の回転方向では効果が得られないという課題があった。

10

【 0 0 3 7 】

以上説明したように、この発明の実施の形態 1 に係る回転電機では、連結部 4 2 4 において切欠き部 4 2 5 に対してスロット突出部 4 2 6 が周方向両側に配置されている。したがって、回転方向が反転して、ティース部 4 2 0 の先端部を通る主磁束および漏れ磁束の周方向成分が反転した場合であっても、切欠き部 4 2 5 に対してスロット突出部 4 2 6 が周方向両側に配置されているため、連結部 4 2 4 に径方向薄肉連結部 4 2 9 が偶数個、この例では 2 個あることになり、回転電機 4 0 2 の反転前後の主磁束および漏れ磁束の周方向成分がスロット部側薄肉連結部 4 2 7 に対して対称となる。このため、連結部 4 2 4 の形状および磁気飽和が生じる箇所のティース部 4 2 0 に対する対称性が異なることによる回転方向に依存した磁束の非対称性の影響を緩和することができ、漏れ磁束をほぼ同等とすることができる。したがって、回転電機 4 0 2 の回転方向を変えた場合であっても主磁束の量をほぼ同一にすることができ、回転電機 4 0 2 の回転方向による平均トルクのばらつきおよびトルク脈動のばらつきを低減させることができる。また、回転電機 4 0 2 の回転方向が変わっても、前述した平均トルク向上の効果およびトルク脈動低減の効果を発揮することができる。

20

【 0 0 3 8 】

また、この回転電機では、固定子 4 0 5 のそれぞれのティース部 4 2 0 の中央線に対して、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 は、鏡面对称に配置されているため、回転電機 4 0 2 の回転方向が変わった場合の漏れ磁束をさらに同等にすることができ、回転方向における平均トルクのばらつきおよびトルク脈動のばらつきをさらに低減させることができる。なお、実施の形態 1 では、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 は、固定子 4 0 5 の全てのティース部 4 2 0 の中央線に対して鏡面对称となるように配置されている構成について説明したが、一部のティース部 4 2 0 に対して鏡面对称となるように配置されている構成であっても、同等の効果が得られる。

30

【 0 0 3 9 】

また、この回転電機では、図 4 に示すように、連結部 4 2 4 に形成された切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 の位置が回転対称となっている。さらに、連結部 4 2 4 は、回転対称の最小単位となっている。これにより、回転子 4 1 5 が回転した場合に、連結部 4 2 4 に生じる漏れ磁束量が同等となるため、主磁束の変動を低減させることができる。その結果、トルク脈動をさらに低減させることができる。なお、実施の形態 1 では、固定子 4 0 5 の全ての連結部 4 2 4 の切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 が回転対称である構成について説明したが、一部の連結部 4 2 4 に対して回転対称となっている構成であっても、同等の効果が得られる。

40

【 0 0 4 0 】

なお、この実施の形態 1 では、回転子 4 1 5 の極数が 1 4、固定子 4 0 5 のスロット数が 1 8 である回転電機 4 0 2 の構成について説明したが、極数が 1 4 以外の回転子 4 1 5、スロット数が 1 8 以外の固定子であっても、同様の効果が得られる。

【 0 0 4 1 】

また、上記実施の形態 1 では、回転子 4 1 5 の永久磁石埋め込み部 4 1 7 に永久磁石 4 1 4 を配置する構成について説明したが、これに限るものではなく、永久磁石 4 1 4 が回

50

転子 4 1 5 の表面に貼り付けられる構成であっても同等の効果を得ることができる。

【 0 0 4 2 】

また、固定子 4 0 5 から供給される主磁束によってトルクが生じるリラクタンスマータまたは誘導機であっても同等の効果を得られ、また、巻線界磁型の回転電機などであっても同等の効果を得られる。

【 0 0 4 3 】

また、上記実施の形態 1 では、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 が、固定子 4 0 5 のそれぞれのティース部 4 2 0 の中央線に対して鏡面对称となるように配置される構成について説明したが、これに限るものではなく、切欠き部 4 2 5 に対してスロット突出部 4 2 6 が周方向両側に配置されるように連結部 4 2 4 が形成されていれば、同等の効果が得られる。図 1 1 は実施の形態 1 に係る回転電機における連結部の変形例を示す図である。図 1 1 に示すように、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 が、固定子 4 0 5 のそれぞれのティース部 4 2 0 の中央線 C に対して鏡面对称でない場合であっても、実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。

10

【 0 0 4 4 】

また、電動パワーステアリング装置では、回転電機 4 0 2 に発生する振動が、ギヤを介して運転者に伝わるため、良好な操舵感覚を得るためにはアシストトルクが大きく、振動が小さい方が望ましい。また、回転電機が動作するときの騒音も小さい方が望ましい。実施の形態 1 に記載の回転電機が適用された電動パワーステアリング装置では、トルクを向上させながら、回転電機の剛性を向上させて低振動化および低騒音化と高トルク化との両立が可能となる。以上により、電動パワーステアリング装置の低振動化、低騒音化および高トルク化を図ることができる。

20

【 0 0 4 5 】

また、矢印 A が示す方向であるラック軸の移動方向に平行な向きに回転電機が配置されている電動パワーステアリング装置は、大型車に向いているシステムであるが、回転電機の高出力化が必要であり、高出力化と同時に回転電機に起因する振動および騒音も増加するという課題があった。しかしながら、実施の形態 1 で述べた回転電機を適用すればこの課題が解決でき、大型の車両にも電動パワーステアリング装置を適用することができ、燃費を低減させることができる。

【 0 0 4 6 】

また、電動パワーステアリング装置に搭載される回転電機は、ラック軸を動かす必要があるため、図 3 の紙面上で時計回りおよび反時計回りに回転する。実施の形態 1 では、回転方向が変わっても、前述した平均トルクの向上効果、トルク脈動の低減効果を発揮することができるため、電動パワーステアリング装置のさらなる低振動化、低騒音化、高トルク化を図ることができる。

30

【 0 0 4 7 】

実施の形態 2 .

図 1 2 はこの発明の実施の形態 2 に係る回転電機の連結部およびティース部を示す図である。実施の形態 2 では、実施の形態 1 と比較して連結部のみが異なり、その他の構成は、実施の形態 1 と同一である。

40

【 0 0 4 8 】

ティース部 4 2 0 および連結部 4 2 4 の磁気的空隙部 4 1 6 側の端面は、回転軸 4 1 2 を中心とした円筒にほぼ沿う形状に形成されているが、連結部 4 2 4 には、この端面よりもスロット部 4 2 1 側に突出した略四角形状の 2 個の切欠き部 4 2 5 が形成されている。言い換えると、連結部 4 2 4 における磁気的空隙部 4 1 6 側の部分には、2 個の切欠き部 4 2 5 が形成されている。それぞれの切欠き部 4 2 5 は、周方向に一定の幅を有している。また、連結部 4 2 4 には、スロット部 4 2 1 から磁気的空隙部 4 1 6 側に突出する略四角形状の 1 個のスロット突出部 4 2 6 が形成されている。言い換えると、連結部 4 2 4 におけるスロット部 4 2 1 側の部分には、1 個のスロット突出部 4 2 6 が形成されている。

【 0 0 4 9 】

50

図13は図12の連結部424を示す拡大図である。実施の形態2では、実施の形態1と同様に、スロット突出部426は、連結部424における切欠き部425が形成された周方向範囲を除く範囲において、スロット部側薄肉連結部427のスロット部421側に最も突出した位置に対して磁気的空隙部416側に突出している。また、連結部424は、スロット突出部426が形成された位置よりも磁気的空隙部416側、つまり、径方向内側の位置に設けられた磁気的空隙部側薄肉連結部428と、スロット部側薄肉連結部427と磁気的空隙部側薄肉連結部428との間を連結する径方向薄肉連結部429とを有している。切欠き部425は、スロット突出部426に対して、周方向両側に配置されている。切欠き部425およびスロット突出部426は、固定子405のティース部420の中央線Cに対して鏡面对称に配置されている。言い換えれば、切欠き部425およびスロット突出部426は、ティース部420の中心を通り固定子405の軸心を含む平面に対して鏡面对称に配置されている。

10

【0050】

以上説明したように、この発明の実施の形態2に係る回転電機によれば、実施の形態1と同様に、漏れ磁束の経路として、径方向薄肉連結部429を通る経路が含まれるので、連結部424を通る漏れ磁束の経路が長くなる。これにより、連結部424の磁気抵抗が増加するため、漏れ磁束が低下し、主磁束量が増加する。その結果、平均トルクが向上する。また、連結部424の磁気抵抗が増加するため、主磁束に対する漏れ磁束量を相対的に低減することが可能となり、回転子415の回転に伴い漏れ磁束が変動した場合の主磁束の変動への影響を低減させることができる。これにより、実施の形態2においても、連結部424の磁気抵抗が増加するため、平均トルクを向上させ、トルク脈動を低減させることができる。

20

【0051】

また、この回転電機では、連結部424において、スロット突出部426に対して切欠き部425が周方向両側に配置されている。これにより、実施の形態1と同様に、回転電機402の回転方向が変わって、ティース部420の先端部を通る主磁束および漏れ磁束の周方向成分が反転した場合であっても、連結部424の形状の影響および連結部424における磁気飽和が生じる箇所のティース部420に対する対称性が異なる場合の影響を緩和することができ、漏れ磁束をほぼ同等にする効果が得られる。したがって、回転電機402の回転方向を変えた場合であっても、主磁束の量をほぼ同一にすることができ、回転方向による平均トルクのばらつきおよびトルク脈動のばらつきを低減させることができる。また、回転電機402の回転方向が変わっても前述した平均トルクの向上効果およびトルク脈動の低減効果を発揮することができる。

30

【0052】

また、この回転電機では、実施の形態1と同様に、固定子405のそれぞれのティース部420の中央線Cに対して、切欠き部425およびスロット突出部426が鏡面对称となるように配置されているため、回転電機402の回転方向が変わった場合の漏れ磁束をさらに同等にすることができ、回転方向の変化による平均トルクのばらつきおよびトルク脈動のばらつきをさらに低減させることができる。

40

【0053】

実施の形態3 .

図14はこの発明の実施の形態3に係る回転電機の連結部およびティース部を示す図である。実施の形態3では、実施の形態2と比較して、切欠き部425およびスロット突出部426の形状がほぼ三角形である点でのみ異なり、その他の構成は、実施の形態2と同一である。

【0054】

図15は図14の連結部424を示す拡大図である。実施の形態3でも、実施の形態2と同様に、連結部424における切欠き部425が形成された周方向範囲を除く位置に、連結部424における切欠き部425よりスロット部421側の部分であるスロット部側薄肉連結部427に対して磁気的空隙部416側に突出するスロット突出部426が形成

50

されている。実施の形態3においても、回転軸412の軸心を中心とした場合のスロット突出部426の最内径は、回転軸412の軸心を中心とした場合のスロット部側薄肉連結部427の最外径よりも小さくなっている。

【0055】

また、連結部424は、スロット突出部426よりも磁気的空隙部416側、つまり、径方向内側の位置に設けられた磁気的空隙部側薄肉連結部428と、スロット部側薄肉連結部427と磁気的空隙部側薄肉連結部428との間を連結する径方向薄肉連結部429とを有している。ただし、実施の形態3では、スロット部側薄肉連結部427と径方向薄肉連結部429とは、ほぼ同一の範囲となる。連結部424は、スロット突出部426に対して、切欠き部425が周方向両側に配置されている。切欠き部425またはスロット突出部426は、固定子405のそれぞれのティース部420の中央線に対して鏡面对称となるように配置されている。

10

【0056】

以上説明したように、この発明の実施の形態3に係る回転電機によれば、漏れ磁束の経路として径方向薄肉連結部429を通る経路が含まれるので、実施の形態1と同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0057】

なお、上記実施の形態3では、切欠き部425およびスロット突出部426の形状が三角形状である構成について説明したが、切欠き部425およびスロット突出部426の形状は、円弧などの他の形状であっても、同等の効果を達成することができることは言うまでもない。

20

【0058】

実施の形態4 .

図16はこの発明の実施の形態4に係る回転電機の連結部およびティース部を示す図である。実施の形態4では、実施の形態1と比較して連結部のみが異なり、その他の構成は、実施の形態1と同一である。

【0059】

ティース部420および連結部424の磁気的空隙部416側端面は、回転軸412を中心とした円筒にほぼ沿う形状に形成されているが、連結部424には、この端面よりもスロット部421側に突出した3個の切欠き部425が形成されている。それぞれの切欠き部425は、周方向に一定の幅を有している。また、連結部424には、スロット部421から磁気的空隙部416側に突出する4個のスロット突出部426が形成されている。

30

【0060】

図17は図16の連結部424を示す拡大図である。連結部424は、切欠き部425が形成された位置よりもスロット部421側に設けられた3個のスロット部側薄肉連結部427を有している。また、連結部424は、スロット突出部426が形成された位置よりも磁気的空隙部416側に設けられた4個の磁気的空隙部側薄肉連結部428と、スロット部側薄肉連結部427と磁気的空隙部側薄肉連結部428との間を連結する6個の径方向薄肉連結部429とを有している。

40

【0061】

以上説明したように、この発明の実施の形態4に係る回転電機によれば、前述した効果を得ることができる。また、径方向薄肉連結部429の数が6個であるので、実施の形態1と比較して、磁気抵抗を増加させることができ、平均トルクを向上させ、トルク脈動を低減させることができる。

【0062】

また、連結部424に切欠き部425およびスロット突出部426が形成された場合、固定子405の剛性が低減し、また、固定子405の製造性が低下する。したがって、切欠き部425およびスロット突出部426の数は、少ないことが望ましい。しかしながら、この回転電機では、切欠き部425およびスロット突出部426が周方向に交互に形成

50

されているので、切欠き部 4 2 5 における周方向両側と、端を除くスロット突出部 4 2 6 の周方向両側とに径方向薄肉連結部 4 2 9 が配置され、少ない数の切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 で平均トルクを向上させトルク脈動を低減させることができる効果が得られる。また、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 の数を少なくすることができるので、固定子 4 0 5 の剛性を向上させ、固定子 4 0 5 の製造性を向上させることができる。

【 0 0 6 3 】

また、この回転電機では、連結部 4 2 4 には、周方向中央部に形成された切欠き部 4 2 5 を中心として、周方向外側に向かって、スロット突出部 4 2 6、切欠き部 4 2 5、スロット突出部 4 2 6 が順に配置されている。したがって、連結部 4 2 4 の形状は、ティース部 4 2 0 に対して対称形状となる。これにより、回転方向が変わりティース部 4 2 0 の先端部を通る主磁束および漏れ磁束の周方向成分が反転する場合であっても、連結部 4 2 4 の形状の影響および連結部 4 2 4 における磁気飽和が生じる箇所のティース部 4 2 0 に対する対称性が異なる影響を緩和することができ、漏れ磁束をほぼ同等とする効果が得られる。その結果、回転方向を変えた場合でも主磁束の量をほぼ同一にすることができ、回転方向による平均トルクのばらつきおよびトルク脈動のばらつきを低減させることができるという効果が得られる。また、回転方向が変わる場合であっても、前述した平均トルク向上効果およびトルク脈動低減効果を発揮することができる。これは、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 の数の総和が奇数であるためであり、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 の数の総和が奇数である場合は、同等の効果が得られる。

【 0 0 6 4 】

なお、上記実施の形態 4 では、切欠き部 4 2 5 の数が 3、スロット突出部 4 2 6 の数が 4 個である構成について説明したが、切欠き部 4 2 5 の数が 2 個以上、スロット突出部 4 2 6 の数が 2 個以上とした場合でも、径方向薄肉連結部 4 2 9 の数を増加させることができ、同等の効果が得られる。また、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 について、一方が他方の周方向両側に配置される箇所があれば、同等の効果が得られる。

【 0 0 6 5 】

また、上記実施の形態 4 では、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 が周方向に交互に配置されている構成について説明したが、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 について、一方が他方の周方向両側に配置される箇所があれば、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 が周方向に交互に配置されていなくても同等の効果が得られる。図 1 8 は実施の形態 4 に係る回転電機における連結部の変形例を示す図、図 1 9 は図 1 8 の連結部を示す拡大図である。連結部 4 2 4 には、スロット突出部 4 2 6、切欠き部 4 2 5、スロット突出部 4 2 6、スロット突出部 4 2 6、切欠き部 4 2 5、スロット突出部 4 2 6 が周方向に順に並んで形成されている。このような場合であっても、実施の形態 1 に記載した効果が得られる。また、このような場合では、径方向薄肉連結部 4 2 9 の数が 4 個であるので、実施の形態 1 と比較して、磁気抵抗を増加させ、平均トルクを向上させ、トルク脈動を低減させることができる。

【 0 0 6 6 】

実施の形態 5 .

図 2 0 はこの発明の実施の形態 5 に係る回転電機の連結部およびティース部を示す図、図 2 1 は図 2 0 の連結部を示す拡大図である。実施の形態 5 では、実施の形態 1 と比較して、切欠き部およびスロット突出部の径方向幅のみが異なり、その他の構成は、実施の形態 1 と同一である。

【 0 0 6 7 】

スロット突出部 4 2 6 における磁気的空隙部 4 1 6 側に最も突出した位置は、切欠き部 4 2 5 におけるスロット部 4 2 1 側、つまり、径方向外側に最も突出した位置よりも磁気的空隙部 4 1 6 側に配置されている。すなわち、回転軸 4 1 2 の軸心を中心とした場合のスロット突出部 4 2 6 の最内径は、回転軸 4 1 2 の軸心を中心とした場合の切欠き部 4 2 5 の最外径よりも小さくなっている。

【 0 0 6 8 】

以上説明したように、この発明の実施の形態 5 に係る回転電機によれば、切欠き部 4 2 5 よりもスロット部 4 2 1 側のスロット部側薄肉連結部 4 2 7 と、連結部 4 2 4 におけるスロット突出部 4 2 6 よりも磁気的空隙部 4 1 6 側の磁気的空隙部側薄肉連結部 4 2 8 との間の径方向距離が増加するため、径方向薄肉連結部 4 2 9 の径方向長さを増加させることができる。これにより、連結部 4 2 4 の磁気抵抗を増加させることができるため、平均トルクを向上させ、トルク脈動を低減させることができる。

【 0 0 6 9 】

実施の形態 6 .

図 2 2 はこの発明の実施の形態 6 に係る回転電機の連結部およびティース部を示す図である。実施の形態 6 では、実施の形態 1 と比較して、スロット突出部 4 2 6 および切欠き部 4 2 5 に非磁性部材 4 3 0 が挿入されている点のみが異なり、その他の構成は、実施の形態 1 と同一である。非磁性部材 4 3 0 は、樹脂、非磁性の金属などから構成されている。非磁性の金属としては、S U S、アルミニウムなどが挙げられる。

10

【 0 0 7 0 】

連結部 4 2 4 に切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 が形成された場合、固定子 4 0 5 の剛性が低下するが、実施の形態 6 では、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 には、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 の内壁に当接するように、非磁性部材 4 3 0 が挿入されている。

【 0 0 7 1 】

以上説明したように、この発明の実施の形態 6 に係る回転電機によれば、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 には、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 の内壁に当接するように、非磁性部材 4 3 0 が挿入されているので、固定子鉄心 4 0 3 の回転子 4 1 5 側の内周の強度を向上させて、固定子 4 0 5 の剛性を向上させることができ、前述した実施の形態の効果を得つつも、回転電機 4 0 2 の振動をさらに低減させることができる。

20

【 0 0 7 2 】

なお、上記実施の形態 6 では、スロット突出部 4 2 6 および切欠き部 4 2 5 の両方に非磁性部材 4 3 0 が挿入される構成について説明したが、スロット突出部 4 2 6 および切欠き部 4 2 5 の何れか一方に非磁性部材 4 3 0 が挿入される構成であっても、同等の効果が

30

【 0 0 7 3 】

図 2 3 は実施の形態 6 に係る回転電機における非磁性部材の変形例を示す図である。スロット突出部 4 2 6 に挿入される非磁性部材 4 3 0 は、固定子鉄心 4 0 3 と電機子巻線 4 0 4 との間に挿入されるインシュレータ 4 3 1 と一体で形成される構成であっても、同等効果が得られる。この場合、インシュレータ 4 3 1 は、電機子コイル 4 2 3 と、固定子鉄心 4 0 3 のティース部 4 2 0 およびコアバック部 4 1 9 とに接触するため、固定子鉄心 4 0 3 の回転子 4 1 5 側の内周の強度を、実施の形態 1 と比較して、向上させることができ、回転電機 4 0 2 の振動を低減させることができる。

【 0 0 7 4 】

実施の形態 7 .

図 2 4 はこの発明の実施の形態 7 に係る回転電機を示す断面図である。固定子鉄心 4 0 3 は、ティース部 4 2 0 および連結部 4 2 4 を有する固定子鉄心内径部 4 3 2 と、コアバック部 4 1 9 を有する固定子鉄心外径部 4 3 3 とを備えている。固定子鉄心内径部 4 3 2 および固定子鉄心外径部 4 3 3 は、磁性体から構成された固定子鉄心コアシートが積層されることによって構成されている。固定子鉄心コアシートとしては、薄板状の電磁鋼板等が挙げられる。固定子鉄心内径部 4 3 2 および固定子鉄心外径部 4 3 3 のそれぞれの固定子鉄心コアシートは、ティース部 4 2 0 およびコアバック部 4 1 9 に配置されたカシメ 4 3 4 によって軸方向に連結されている。また、固定子鉄心 4 0 3 は、固定子鉄心内径部 4 3 2 と固定子鉄心外径部 4 3 3 とを連結する内外連結部 4 3 5 をさらに備えている。固定

40

50

子鉄心内径部 4 3 2 と固定子鉄心外径部 4 3 3 とは、焼きばめ、圧入、溶接などによって連結される。

【 0 0 7 5 】

図 2 5 は図 2 4 の固定子鉄心 4 0 3 における固定子鉄心コアシートの積層パターンを示す図である。固定子鉄心 4 0 3 は、切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 の位置が互いに異なる 2 種類の固定子鉄心コアシートが積層されることによって構成されている。2 種類の固定子鉄心コアシートにおける一方の固定子鉄心コアシートの連結部 4 2 4 には、切欠き部 4 2 5 に対してスロット突出部 4 2 6 が周方向両側に配置され、他方の固定子鉄心コアシートの連結部 4 2 4 には、スロット突出部 4 2 6 に対して切欠き部 4 2 5 が周方向両側に配置されている。2 種類の固定子鉄心コアシートの間では、それぞれの切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 の位置が積層方向について互いに異なるように、それぞれの切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 が配置されている。一方の固定子鉄心コアシートにおける切欠き部 4 2 5 およびスロット突出部 4 2 6 は、他方の固定子鉄心コアシートにおける連結部 4 2 4 と積層方向について重なるように配置されている。

10

【 0 0 7 6 】

次に、固定子鉄心内径部 4 3 2 を固定子鉄心外径部 4 3 3 の内側に、圧入、焼きばめなどによって嵌め合う工程である嵌合工程について説明する。図 2 6 は図 2 5 の固定子鉄心内径部 4 3 2 を固定子鉄心外径部 4 3 3 の内側に嵌め合う工程の一部を示す図である。嵌合工程では、円環状の固定子鉄心内径部 4 3 2 および円環状の固定子鉄心外径部 4 3 3 の何れか一方を他方に対して軸方向に移動させて、円環状の固定子鉄心内径部 4 3 2 を円環状の固定子鉄心外径部 4 3 3 の内側に挿入して嵌め合う。これにより、固定子鉄心内径部 4 3 2 と固定子鉄心外径部 4 3 3 とが連結される。その結果、一体のコアが構成される。

20

【 0 0 7 7 】

固定子鉄心内径部 4 3 2 と固定子鉄心外径部 4 3 3 とが嵌め合わされるので、固定子鉄心外径部 4 3 3 における固定子鉄心内径部 4 3 2 と連結される部分には、径方向外側への力が加えられ、固定子鉄心内径部 4 3 2 における固定子鉄心外径部 4 3 3 と連結される部分には、径方向内側への力が加えられる。特に、固定子鉄心内径部 4 3 2 については、固定子鉄心内径部 4 3 2 における固定子鉄心外径部 4 3 3 と連結される部分からティース部 4 2 0 に対して径方向内側への力が加えられるため、円環状の固定子鉄心内径部 4 3 2 には、径方向寸法が小さくなる方向、言い換えれば、径方向について圧縮される方向に力が加えられる。その結果、連結部 4 2 4 には、周方向について圧縮される方向に力が加えられる。図 2 7 は従来例の連結部 4 2 4 において周方向について圧縮される方向に力が加えられた状態を示す図である。従来例の連結部 4 2 4 において周方向について圧縮される方向に力 P が加えられる場合に、連結部 4 2 4 には、周方向についての座屈が生じる。これにより、連結部 4 2 4 には、大きな撓みが発生する。その結果、固定子鉄心内径部 4 3 2 は径方向について変形してしまうという課題があった。固定子鉄心内径部 4 3 2 において径方向についての変形が生じた場合に、固定子 4 0 5 と回転子 4 1 5 との間のパーミアンスの脈動が生じるため、コギングトルクが増加し、回転電機の振動が増加するという課題があった。

30

40

【 0 0 7 8 】

図 2 8 は図 2 6 の連結部 4 2 4 において周方向について圧縮される方向に力が加えられた状態を示す図である。一方、実施の形態 7 に係る回転電機における固定子鉄心内径部 4 3 2 の連結部 4 2 4 に周方向について圧縮される方向に力 P が加えられた場合に、連結部 4 2 4 が径方向薄肉連結部 4 2 9 を有しているため、径方向薄肉連結部 4 2 9 が周方向に変形する。これにより、固定子鉄心内径部 4 3 2 における径方向についての変形が抑制される。その結果、コギングトルクを低減させ、回転電機の振動を低減させることができる。なお、図 1 6 に示すように、連結部 4 2 4 が複数の径方向薄肉連結部 4 2 9 を有する場合には、周方向についての連結部 4 2 4 の弾性力がさらに向上し、固定子鉄心内径部 4 3 2 における径方向についての変形をさらに抑制することが可能となる。

50

【0079】

以上説明したように、この発明の実施の形態7に係る回転電機によれば、連結部424に切欠き部425およびスロット突出部426が形成されることによって固定子405の剛性が低減するものの、連結部424における切欠き部425およびスロット突出部426が形成される箇所が、他の固定子鉄心コアシートによって補強されるので、固定子鉄心403の回転子415側の内周の強度を向上させることができる。これにより、固定子405の剛性を向上させることができ、回転電機402の振動を低減させることができる。

【0080】

また、固定子鉄心403は、ティース部420および連結部424を有する固定子鉄心内径部432と、コアバック部419を有し、固定子鉄心内径部432が内側に嵌め合わされる固定子鉄心外径部433とを備えているので、固定子鉄心403を容易に製造することができる。

10

【0081】

また、この発明の実施の形態7に係る回転電機の製造方法によれば、固定子鉄心内径部432を固定子鉄心外径部433の内側に嵌め合わせる嵌合工程を備えているので、固定子鉄心403を容易に製造することができる。

【0082】

なお、上記実施の形態7では、切欠き部425およびスロット突出部426の位置が互いに異なる2種類の固定子鉄心コアシートが積層される構成について説明したが、固定子鉄心コアシートの切欠き部425およびスロット突出部426は、異なる複数種類の固定子鉄心コアシートの連結部424と積層方向について重なるように配置されていれば、同等の効果が得られる。

20

【0083】

また、上記実施の形態7では、同じ種類の固定子鉄心コアシートが複数枚積層される構成について説明したが、これに限らず、例えば、異なる複数種類の固定子鉄心コアシートが1枚ずつ交互に積層されてもよい。

【0084】

実施の形態8 .

図29はこの発明の実施の形態8に係る回転電機の固定鉄心の要部を示す図、図30は図29の連結部を示す拡大図である。固定子鉄心403のティース部420における磁気的空隙部416側の端面には、ティース切欠き部436が形成されている。ティース切欠き部436は、ティース部420における磁気的空隙部416側の端面から径方向外側に突出する略四角形状となっている。また、ティース切欠き部436は、ティース部420における周方向中央部に配置されている。

30

【0085】

この例では、回転軸412の軸心を中心としたティース切欠き部436の周方向に占める角度を1とする。軸心を中心としたティース切欠き部436の周方向に占める角度とは、軸心を中心としたティース切欠き部436における一对の周方向側壁の間の角度である。ティース切欠き部436の周方向側壁とは、ティース切欠き部436の側壁における周方向を向く部分である。

40

【0086】

また、この例では、連結部424に設けられた切欠き部425の中で周方向の寸法が最大の切欠き部425において、回転軸412の軸心を中心とした切欠き部425の周方向に占める角度を2とする。軸心を中心とした切欠き部425の周方向に占める角度とは、軸心を中心とした切欠き部425における一对の周方向側壁の間の角度である。切欠き部425の周方向側壁とは、切欠き部425の側壁における周方向を向く部分である。

【0087】

連結部424に切欠き部425が形成されることによって、固定子405と回転子415との間におけるパーミアンスの脈動が生じる。回転子415の形状にばらつきが生じた場合、または、永久磁石414の位置、形状および残留磁束密度にばらつきが生じた場合

50

に、パーミアンスの脈動によって回転子 4 1 5 にコギングトルクが生じ、回転電機の振動が増加する課題がある。

【 0 0 8 8 】

図 3 1 は図 2 9 の回転電機における回転子の形状にばらつきが生じた場合または永久磁石の位置、形状および残留磁束密度にばらつきが生じた場合に回転子に生じるコギングトルクを示すグラフである。図 3 1 では、 θ_1 / θ_2 を変化させた場合のコギングトルクを示している。 $\theta_1 / \theta_2 = 0$ の場合は、ティース部 4 2 0 にティース切欠き部 4 3 6 が形成されていない場合を示している。 θ_1 / θ_2 が 1 7 0 % 以下、つまり、1 . 7 以下である場合には、ティース部 4 2 0 にティース切欠き部 4 3 6 が形成されていない場合と比較して、回転子 4 1 5 に生じるコギングトルクを低減させる効果が得られる。これは、連結部 4 2 4 に形成された切欠き部 4 2 5 によって生じる固定子 4 0 5 と回転子 4 1 5 との間におけるパーミアンスの脈動のスロット数に関する成分が、ティース切欠き部 4 3 6 が形成されることによって低減したためである。さらに好適には、 θ_1 / θ_2 が 8 5 % 以上 1 4 0 % 以下、つまり、0 . 8 5 以上 1 . 4 以下である場合に、ティース部 4 2 0 にティース切欠き部 4 3 6 が形成されていない場合と比較してコギングトルクを 4 0 % 以下とすることができる。

10

【 0 0 8 9 】

次に、ティース切欠き部 4 3 6 の周方向の位置を変化させて、回転子 4 1 5 の形状にばらつきが生じた場合または永久磁石 4 1 4 の位置、形状および残留磁束密度にばらつきが生じた場合に回転子 4 1 5 に生じるコギングトルクについて説明する。ここで、図 3 0 に示すように、ティース部 4 2 0 を挟んで周方向に隣り合う一対の連結部 4 2 4 の中の一方の連結部 4 2 4 を第 1 連結部 4 2 4 a とし、他方の連結部 4 2 4 を第 2 連結部 4 2 4 b とする。第 1 連結部 4 2 4 a に形成された切欠き部 4 2 5 の周方向中心部と回転軸 4 1 2 の軸心とを結んだ直線と、第 2 連結部 4 2 4 b に形成された切欠き部 4 2 5 の周方向中心部と回転軸 4 1 2 の軸心とを結んだ直線との間について、周方向の角度を α_2 とする。また、第 1 連結部 4 2 4 a に形成された切欠き部 4 2 5 の周方向中心部と回転軸 4 1 2 の軸心とを結んだ直線と、第 1 連結部 4 2 4 a および第 2 連結部 4 2 4 b に挟まれたティース部 4 2 0 に形成されたティース切欠き部 4 3 6 の周方向中間部と回転軸 4 1 2 の軸心とを結んだ直線との間について、周方向の角度を α_1 とする。

20

【 0 0 9 0 】

図 3 2 は図 2 9 の回転電機における回転子の形状にばらつきが生じた場合または永久磁石の位置、形状および残留磁束密度にばらつきが生じた場合に回転子に生じるコギングトルクを示すグラフである。図 3 2 では、 α_1 / α_2 を変化させた場合のコギングトルクを示している。 α_1 / α_2 が 3 3 % 以上 6 6 % 以下、つまり、0 . 3 3 以上 0 . 6 6 以下である場合に、ティース部 4 2 0 にティース切欠き部 4 3 6 が形成されていない場合と比較してコギングトルクを低減させることができる。また、 α_1 / α_2 が 5 0 % 、つまり、0 . 5 である場合に最もコギングトルクを低減させることができる。実施の形態 8 に係る回転電機では、ティース切欠き部 4 3 6 は、周方向についてティース部 4 2 0 のほぼ中心部分に配置され、すなわち、 α_1 / α_2 が 0 . 5 となるように配置されているので、コギングトルクを最も低減させる効果が得られる。

30

40

【 0 0 9 1 】

以上説明したように、この発明の実施の形態 8 に係る回転電機によれば、ティース部 4 2 0 における磁氣的空隙部 4 1 6 側には、ティース切欠き部 4 3 6 が形成され、軸心を中心としたティース切欠き部 4 3 6 の周方向に占める角度を θ_1 、軸心を中心とした切欠き部 4 2 5 の周方向に占める角度を θ_2 とした場合に、 $\theta_1 / \theta_2 > 1 . 7$ を満たすので、コギングトルクを抑制することができ、回転電機の振動を低減させることが可能となる。

【 0 0 9 2 】

また、第 1 連結部 4 2 4 a に形成された切欠き部 4 2 5 の周方向中間部と軸線とを結んだ直線と、第 2 連結部 4 2 4 b に形成された切欠き部 4 2 5 の周方向中間部と軸線とを結んだ直線との間の周方向の角度を α_2 、第 1 連結部 4 2 4 a に形成された切欠き部 4 2

50

5の周方向中間部と軸線とを結んだ直線と、第1連結部424aおよび第2連結部424bに挟まれたティース部420に形成されたティース切欠き部436の周方向中間部と軸線とを結んだ直線との間の周方向の角度を m_1 とした場合に、 m_1/m_2 が0.33以上0.66以下であるので、コギングトルクを抑制することができ、回転電機の振動を低減させることが可能となる。

【0093】

なお、上記実施の形態8では、1つのティース部420に形成されるティース切欠き部436の数が1つである構成について説明したが、1つのティース部420に形成されるティース切欠き部436の数が複数である場合であっても、同様の効果が得られることは言うまでもない。1つのティース部420に形成されるティース切欠き部436の数が複数である場合には、パーミアンスの脈動のスロット数に関する成分をさらに低減させることができるため、回転電機の振動をさらに低減させることが可能となる。

10

【0094】

また、上記実施の形態8では、ティース切欠き部436の形状を略四角形状としたが、これに限らず、例えば、三角形などの他の形状としても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0095】

また、各上記実施の形態では、回転子が固定子の内周側に配置されるインナーロータタイプの回転電機を例に説明したが、回転子が固定子の外周側に配置されるアウターロータタイプの回転電機であっても同等の効果が得られる。

20

【符号の説明】

【0096】

1 シャフト、2 トルクセンサ、3 コネクタ、4 電動駆動装置、5 コネクタ、6 電源コネクタ、7 ギヤボックス、8ハウジング、9 タイロッド、10 ラックブーツ、401 ECU、402 回転電機、403 固定子鉄心、404 電機子巻線、405 固定子、406 フレーム、407 壁部、408 ハウジング、409 ボルト、410 軸受、411 軸受、412 回転軸、413 回転子鉄心、414 永久磁石、415 回転子、416 磁気的空隙部、417 永久磁石埋め込み部、418ブリッジ部、419 コアバック部、420 ティース部、421 スロット部、423 電機子コイル、424 連結部、424a 第1連結部、424b 第2連結部、425 切欠き部、426 スロット突出部、427 スロット部側薄肉連結部、428 磁気的空隙部側薄肉連結部、429 径方向薄肉連結部、430 非磁性部材、431 インシュレータ、432 固定子鉄心内径部、433 固定子鉄心外径部、434 カシメ、435 内外連結部、436 ティース切欠き部、437 つば部。

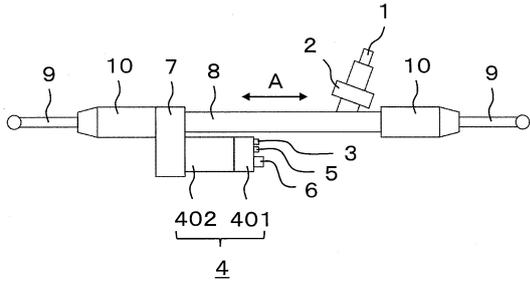
30

【要約】

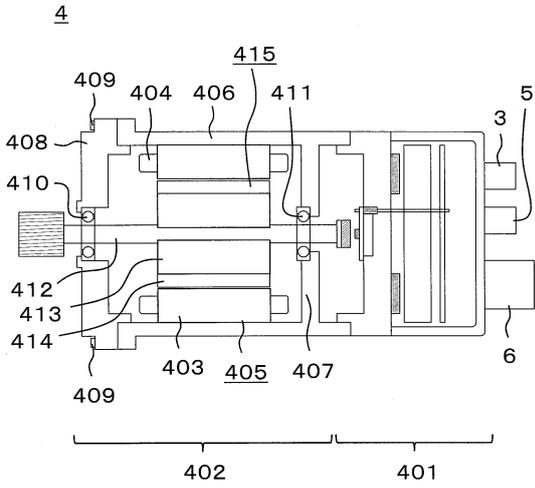
連結部を通る漏れ磁束の量を低減させることができる回転電機を得る。連結部における磁気的空隙部側には、切欠き部が形成され、連結部は、切欠き部よりもスロット部側に設けられたスロット部側薄肉連結部を有し、スロット部側薄肉連結部が形成された連結部の部分に対して周方向にずれた連結部の部分には、スロット部からスロット部側薄肉連結部よりも磁気的空隙部側に突出するスロット突出部が形成され、スロット突出部は、切欠き部の周方向両側に配置されている。

40

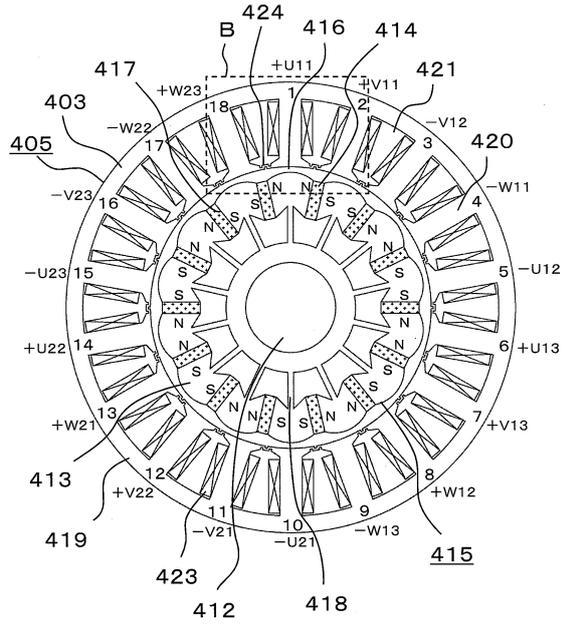
【図1】



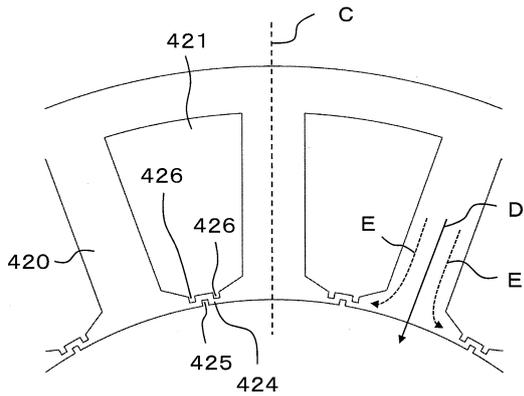
【図2】



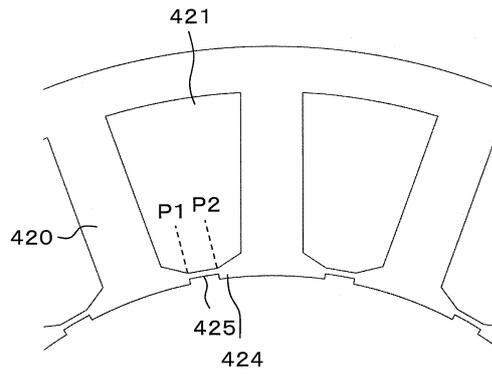
【図3】



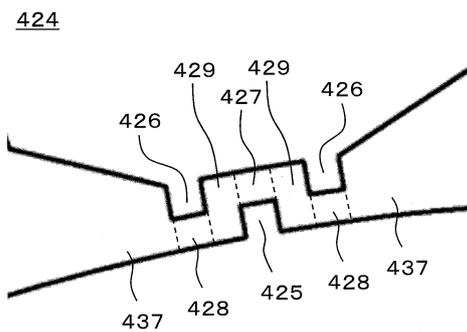
【図4】



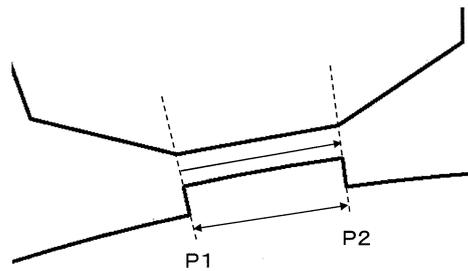
【図6】



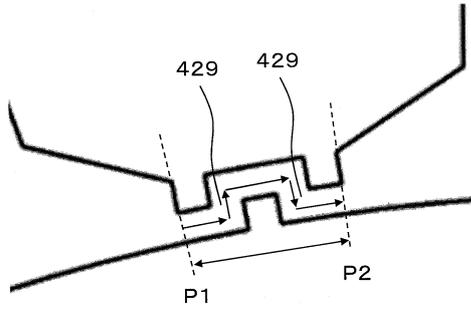
【図5】



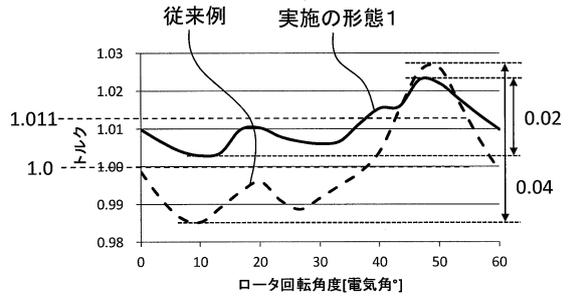
【図7】



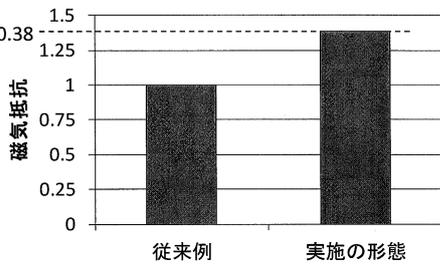
【図8】



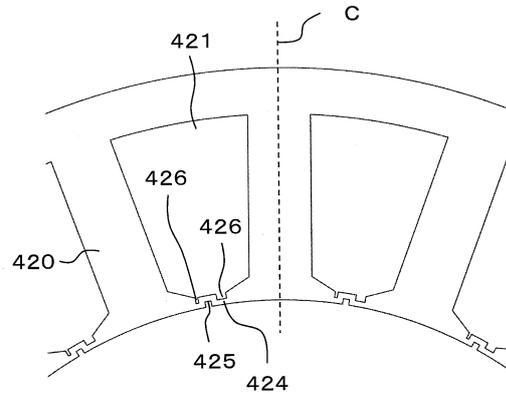
【図10】



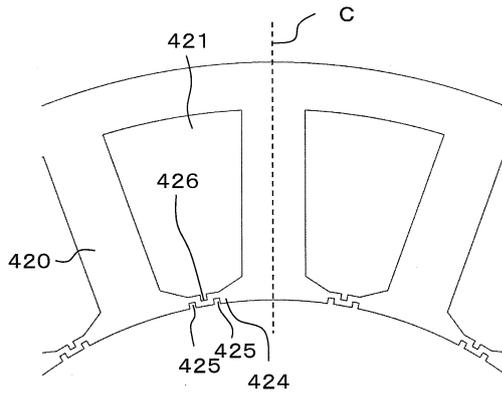
【図9】



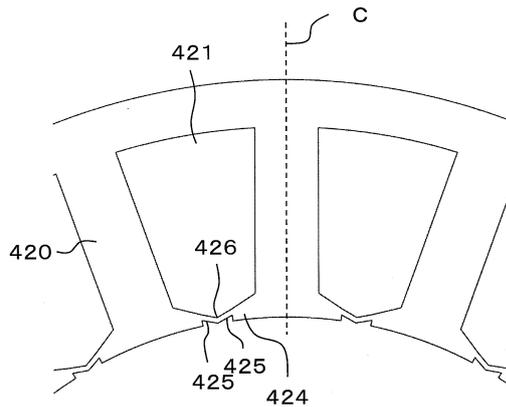
【図11】



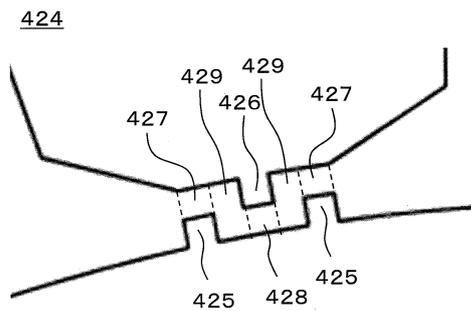
【図12】



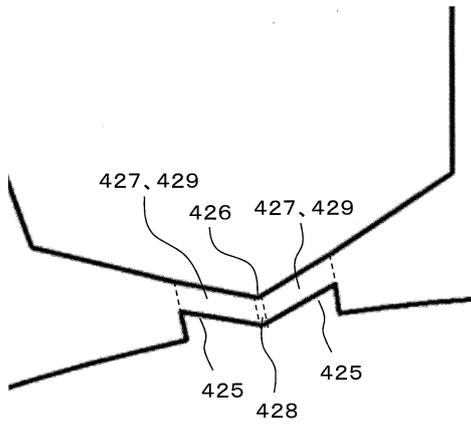
【図14】



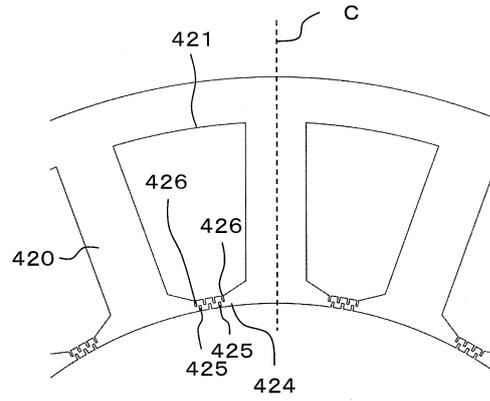
【図13】



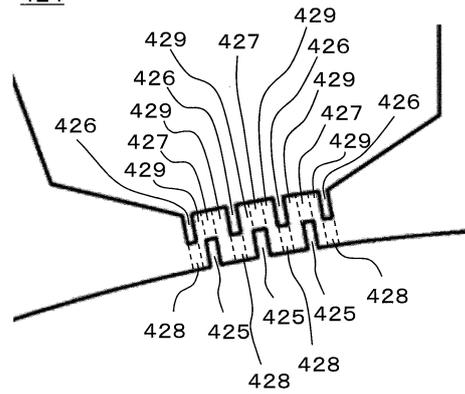
【図15】
424



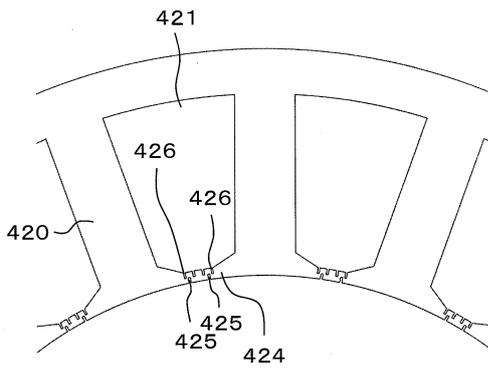
【図16】



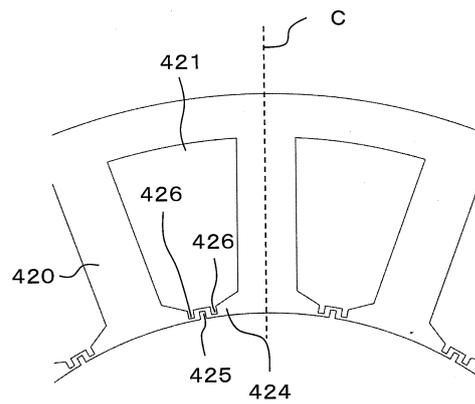
【図17】
424



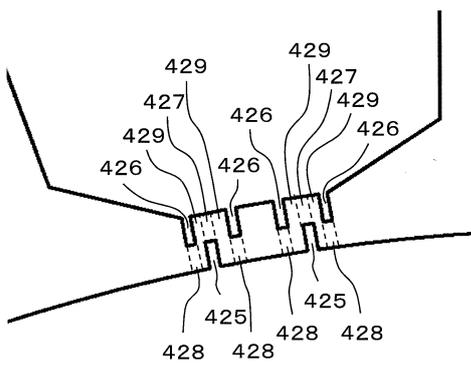
【図18】



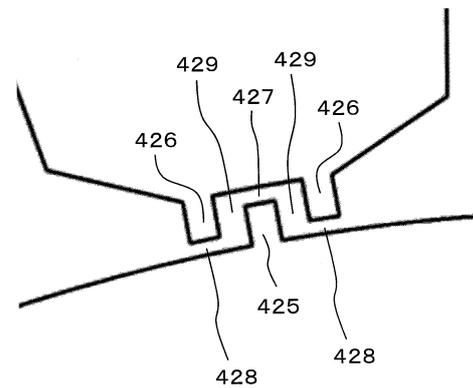
【図20】



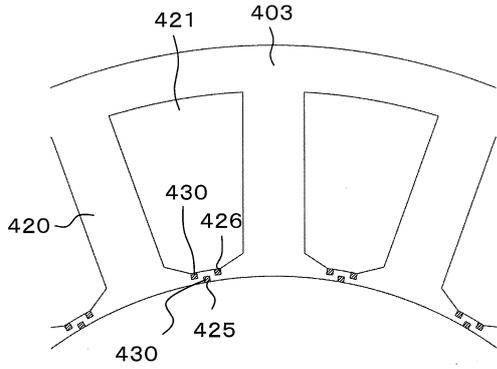
【図19】
424



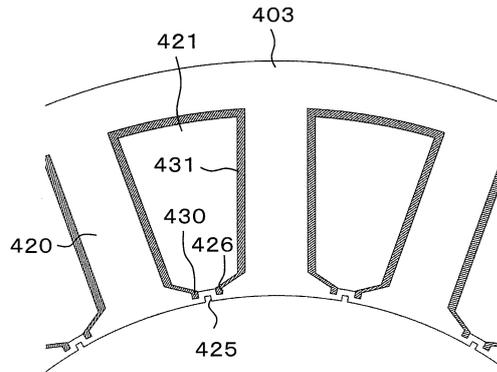
【図21】
424



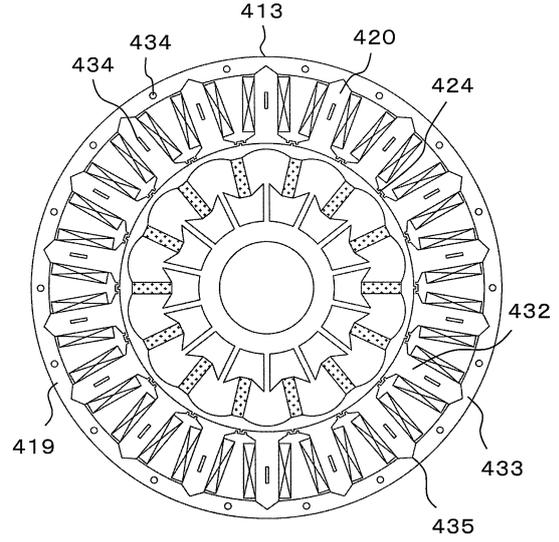
【図 2 2】



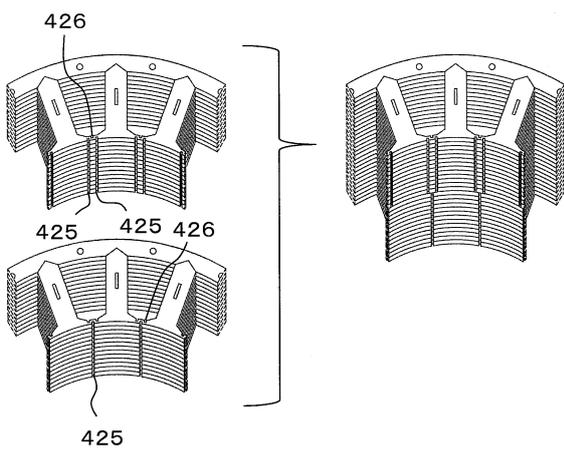
【図 2 3】



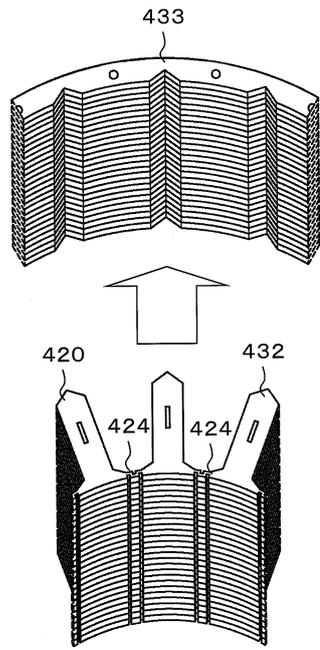
【図 2 4】



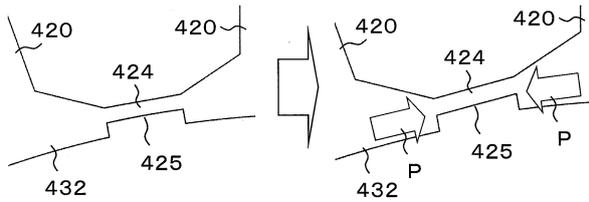
【図 2 5】



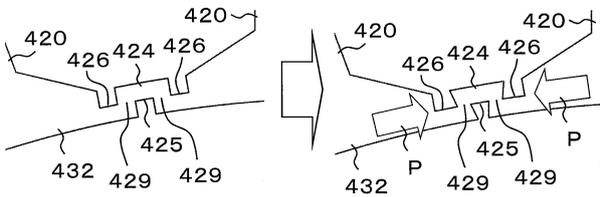
【図 2 6】



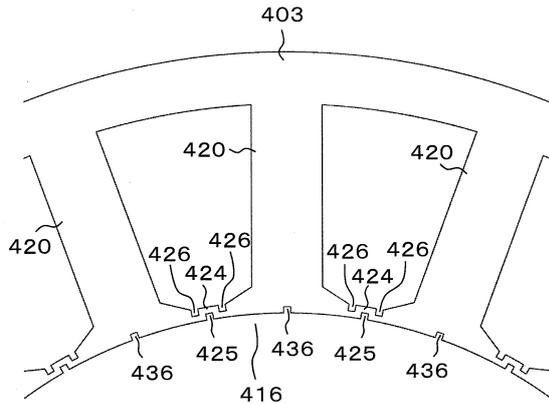
【図27】



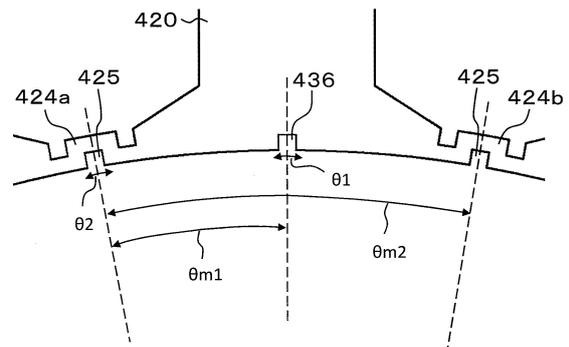
【図28】



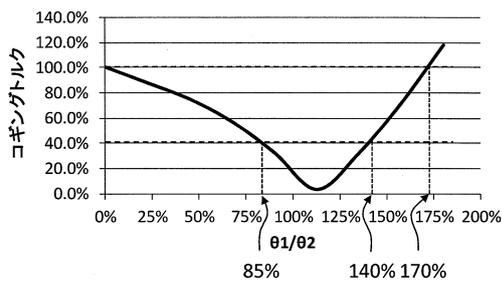
【図29】



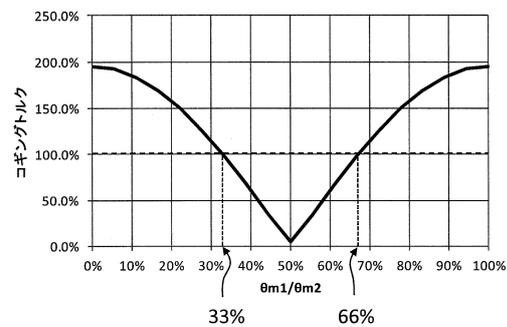
【図30】



【図31】



【図32】



フロントページの続き

- (72)発明者 廣谷 迪
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 伊藤 一将
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 池田 紘子
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 岡崎 広大
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 山口 信一
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 服部 俊樹

- (56)参考文献 特開昭63-174531(JP,A)
特開2005-237136(JP,A)
特開平02-307339(JP,A)
特開2008-061368(JP,A)
特表2005-516574(JP,A)
特開昭61-004448(JP,A)
特開2015-037379(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/14
H02K 15/02