

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-199846  
(P2008-199846A)

(43) 公開日 平成20年8月28日(2008.8.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO2K 1/27 (2006.01)</b>	HO2K 1/27 5O1K	5H621
<b>HO2K 21/14 (2006.01)</b>	HO2K 1/27 5O1A	5H622
	HO2K 1/27 5O1M	
	HO2K 21/14 M	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2007-34757 (P2007-34757)  
(22) 出願日 平成19年2月15日 (2007.2.15)

(71) 出願人 000003218  
株式会社豊田自動織機  
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地  
(74) 代理人 100068755  
弁理士 恩田 博宣  
(74) 代理人 100105957  
弁理士 恩田 誠  
(72) 発明者 蓑島 紀元  
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会  
社豊田自動織機内  
(72) 発明者 草留 泰三  
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会  
社豊田自動織機内  
Fターム(参考) 5HG21 BB07 GA01 HH01  
5HG22 AA03 CA02 CA07 CA10 CB03  
CB05 PP10

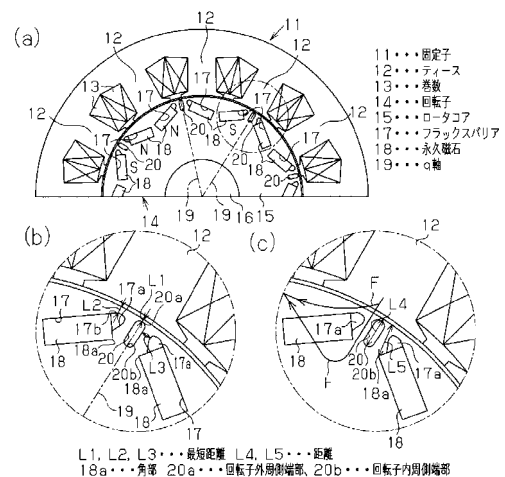
(54) 【発明の名称】 永久磁石式回転電機

(57) 【要約】

【課題】リラクタンストルクを有効に利用し、しかもトルク脈動を低減することができる永久磁石式回転電機を提供する。

【解決手段】固定子11は、円筒状で内側に複数のティース12が等間隔で設けられ、ティース12には巻線13が集中巻で巻回されている。固定子11の内側に配置された回転子14の各磁極に、回転子14の内周側に向かって凸となるようにフラックスバリア17が設けられ、フラックスバリア17内に永久磁石18が装着されている。回転子14には、回転子14のq軸19上に位置する状態で孔20が形成されている。孔20は、回転子外周面との最短距離L1がフラックスバリア17の回転子外周面との最短距離L2よりも小さく形成されるとともに、フラックスバリア17との最短距離L3がフラックスバリア17の回転子外周面との最短距離L2と同等に形成されている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数個の永久磁石がロータコア内に埋め込まれた回転子を備えた永久磁石式回転電機であって、

ティースに巻線が集中巻により巻回された固定子と、

前記回転子の各磁極に回転子の内周側に向かって凸となるように設けられたフラックスバリアと、

前記フラックスバリア内に装着された永久磁石と、

前記回転子の q 軸上に位置する状態で形成され、かつ回転子外周面との最短距離 ( L 1 ) が前記フラックスバリアの回転子外周面との最短距離 ( L 2 ) よりも小さく形成されるとともに、前記フラックスバリアとの最短距離 ( L 3 ) が前記フラックスバリアの回転子外周面との最短距離 ( L 2 ) と同等に形成されている孔とを備えていることを特徴とする永久磁石式回転電機。

10

## 【請求項 2】

前記フラックスバリアは、回転子外周側の端部が前記永久磁石の端部より回転子外周に近くなるように膨出されている請求項 1 に記載の永久磁石式回転電機。

## 【請求項 3】

前記孔は、回転子内周側端部の回転子外周面までの距離が、前記永久磁石の回転子の q 軸側の端部における回転子内周側の角部の回転子外周面までの距離と同等に形成されている請求項 1 又は請求項 2 に記載の永久磁石式回転電機。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、永久磁石式回転電機に係り、詳しくはマグネットトルクだけでなくリラクタンストルクも利用する永久磁石式回転電機に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

永久磁石を回転子 (ロータ) のコア内に埋め込み、永久磁石のトルク以外にリラクタンストルクを利用する永久磁石式電動機が知られている。この種の永久磁石式電動機 (永久磁石埋込形モータ) として、図 4 に示すような 4 極構造の回転子を有するものが提案されている (特許文献 1 参照)。なお、図 4 は電動機の 1 / 4 の部分を示し、2 つの極が 1 / 2 ずつ表された模式図である。この電動機においては、固定子 5 0 の内側に設けられる回転子 5 1 は、複数個の円形鉄板 5 2 が積層されるとともに、ボルト挿通孔 5 3 に挿通されるボルトによって締結されて形成されている。回転子 5 1 は、1 極当たり 3 個の平板状の永久磁石 5 4 が全体として回転子 5 1 の内周側に向かって凸となるように埋設されている。また、回転子 5 1 の周縁部には q 軸と対応する箇所、所定の幅と深さを持つ磁束漏泄防止溝 5 5 が形成されている。

30

## 【0003】

隣接する極に埋設された永久磁石 5 4 から発生する磁束 F は、図 4 に示すように、回転子 5 1 と固定子 5 0 との間の空隙を経由して固定子 5 0 のティース 5 0 a に流入した後、ティース 5 0 a から出て回転子 5 1 に流入する閉ループを形成する。その際、磁束漏泄防止溝 5 5 が存在せず回転子 5 1 の外周縁が回転子 5 1 の軸を中心とした円形になっていると、磁束の一部は回転子 5 1 の周縁部を通過して隣の極の永久磁石 5 4 に直接流れ込むようになる。この磁束は回転子 5 1 の回転に寄与しない。しかし、回転子 5 1 の周縁部に磁束漏泄防止溝 5 5 が存在すると、永久磁石 5 4 から出た磁束 F が、回転子 5 1 の周縁部を通過して隣の極の永久磁石 5 4 に直接流れ込むことが抑制され、永久磁石 5 4 から出た磁束 F が回転子 5 1 の回転に寄与する割合が増加する。

40

【特許文献 1】特開平 1 1 - 3 1 8 0 4 9 号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

50

## 【0004】

永久磁石がロータコア内に埋め込まれた永久磁石式回転電機においてリラクタンストルクを有効に利用するためには、固定子で発生した磁束が回転子のq軸と対応する部分から回転子に流入し易いことが要求される。ところが、特許文献1に記載された電動機では、回転子51の周縁部のq軸と対応する箇所には磁束漏れ防止溝55が存在する。そのため、回転子51のq軸と対応する箇所で、固定子50のティース50aと回転子51の周面との距離が大きくなり、固定子50で発生した磁束がq軸と対応する箇所から回転子51内に流入し難くなり、リラクタンストルクを有効に利用することができない。

## 【0005】

また、単純にリラクタンストルクを活用した構成では、トルク脈動が大きくなり騒音や振動が問題になる。

本発明は、前記従来の問題に鑑みてなされたものであって、その目的は、リラクタンストルクを有効に利用し、しかもトルク脈動を低減することができる永久磁石式回転電機を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

前記の目的を達成するため、請求項1に記載の発明は、複数個の永久磁石がロータコア内に埋め込まれた回転子を備えた永久磁石式回転電機であって、ティースに巻線が集中巻により巻回された固定子と、前記回転子の各磁極に回転子の内周側に向かって凸となるように設けられたフラックスバリアと、前記フラックスバリア内に装着された永久磁石とを備えている。また、前記回転子のq軸上に位置する状態で形成され、かつ回転子外周面との最短距離(L1)が前記フラックスバリアの回転子外周面との最短距離(L2)よりも小さく形成されるとともに、前記フラックスバリアとの最短距離(L3)が前記フラックスバリアの回転子外周面との最短距離(L2)と同等に形成されている孔を備えている。

## 【0007】

ここで、「フラックスバリアとの最短距離(L3)がフラックスバリアの回転子外周面との最短距離(L2)と同等に形成されている」とは、固定子で発生してティースから回転子のq軸と対応する箇所に流入する磁束が、永久磁石の表側と、裏側(回転子の中心軸と対応する側)とに同じ割合で流入するように形成されていることを意味する。

## 【0008】

この発明では、回転子のq軸上、即ち隣り合う極(磁極)の境界上の回転子外周に近い位置に孔が形成され、その孔の回転子外周面との最短距離(L1)がフラックスバリアの回転子外周面との最短距離(L2)よりも小さく形成されている。そのため、ある極(磁極)に設けられた永久磁石から発生した磁束の一部が回転子の周縁部を通過して隣の極の永久磁石に直接流れ込むこと、即ち隣の極の永久磁石に漏れることが抑制される。しかし、従来技術のように回転子のq軸と対応する箇所における外周面に溝が設けられた場合と異なり、回転子のq軸と対応する箇所における外周面とティースとの距離が大きくなり、リラクタンストルクを有効に利用することができる。また、前記孔のフラックスバリアとの最短距離(L3)がフラックスバリアの回転子外周面との最短距離(L2)と同等に形成されているため、固定子で発生してティースから回転子のq軸と対応する箇所に流入する磁束が、永久磁石の表側(回転子の外周と対応する側)と、裏側(回転子の中心軸と対応する側)とにバランス良く通過する状態となる。その結果、リラクタンストルクを有効に利用し、しかもトルク脈動を低減することができる。

## 【0009】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記フラックスバリアは、回転子外周側の端部が前記永久磁石の端部より回転子外周に近くなるように膨出されている。この発明では、フラックスバリアが永久磁石の端部より回転子外周に近くなるように膨出されていない場合に比較して、永久磁石から発生した磁束の一部が回転子の周縁部を通過して当該永久磁石に流入し難くなる。

## 【0010】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 又は請求項 2 に記載の発明において、前記孔は、回転子内周側端部の回転子外周面までの距離が、前記永久磁石の回転子の q 軸側の端部における回転子内周側の角部の回転子外周面までの距離と同等に形成されている。孔の回転子径方向の長さを長くすると強度の面では良くないが、あまり短くても、発明の効果が低くなり、この発明の長さとするにより効果が良好に発揮される。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、リラクタンストルクを有効に利用し、しかもトルク脈動を低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0012】

以下、本発明を電動機に具体化した一実施形態を図 1 及び図 2 にしたがって説明する。図 1 (a) は永久磁石式回転電機としての電動機の半分に対応する模式図である。

図 1 (a) に示すように、固定子 (ステータ) 11 は、円筒状で内側に複数のティース 12 が等間隔で設けられている。ティース 12 には、巻線 (コイル) 13 が集中巻で巻回されている。この実施形態ではティース 12 が 12 個設けられ、固定子 11 の極数は 12 となっている。

【0013】

固定子 11 の内側には、回転子 (ロータ) 14 が配置されている。回転子 14 は、円板状の電磁鋼板を複数枚 (例えば数十枚) 積層したロータコア 15 と、ロータコア 15 の中心に貫挿されたロータ軸 (回転軸) 16 とを備えている。そして、回転子 14 は、ロータコア 15 の外周面がティース 12 と所定の間隔を置いた状態で、図示しないハウジングの軸受けにロータ軸 16 を介して回転可能に支持されている。

20

【0014】

ロータコア 15 には、ロータコア 15 を周方向に等分割 (この実施形態では 8 分割) した各仮想領域に、フラックスバリア (孔) 17 がそれぞれロータコア 15 の外周側に向かって拡がる V 字状に一對ずつ、即ち回転子の内周側に向かって凸となるように形成されている。そして、各フラックスバリア 17 内に断面矩形の平板状に形成された永久磁石 18 が装着されている。各永久磁石 18 は、着磁方向 (磁化方向) が厚さ方向となるように着磁されている。永久磁石 18 は、一極 (磁極) 当たり 2 個ずつ設けられるとともに、回転子 14 の外周側に向かって拡がる V 字状で同じ側 (例えば、回転子 14 の外周側) が同極になるように配置されている。また、隣り合う仮想領域に配置された永久磁石 18 同士は、回転子 14 の外周側が異なる極になるように配置されている。例えば、ある一組の V 字配置の永久磁石 18 が、ティース 12 側が S 極になるように配置されると、隣の仮想領域に配置される永久磁石 18 は、ティース 12 側が N 極になるように配置される。即ち、回転子 14 の各磁極に、永久磁石 18 が回転子 14 の内周側に向かって凸となるように設けられている。したがって、この実施形態の電動機は、固定子 11 の極数が 12 で、回転子 14 の極数が 8 の構成になっている。

30

【0015】

フラックスバリア 17 は、永久磁石 18 が装着された状態でその一部が、永久磁石 18 の装着位置より回転子 14 の外周面側に膨出する膨出部 17a を有するように形成されている。詳述すると、フラックスバリア 17 は、永久磁石 18 の q 軸側の端部に連続する状態で、永久磁石 18 の最も回転子外周に近い部分 (端部) よりも回転子外周に近い外周近接部 17b を有する膨出部 17a を備えている。この実施形態では、外周近接部 17b は永久磁石 18 の外側部の延長線上に存在するように形成されている。

40

【0016】

ロータコア 15 には、即ち回転子 14 には、回転子 14 の q 軸 19 上に位置する状態で孔 20 が形成されている。図 1 (b) に示すように、孔 20 は、回転子 14 の軸方向から見た形状が回転子 14 の径方向に延びる長円状 (2 個の半円弧が直線で結ばれた形状) に形成されている。孔 20 は、回転子外周面との最短距離 L1、即ち孔 20 の回転子外周側

50

端部 20 a と回転子外周面との距離が、フラックスバリア 17 の回転子外周面との最短距離 L 2 よりも小さく形成されている。孔 20 は、フラックスバリア 17 との最短距離 L 3 がフラックスバリア 17 の回転子外周面との最短距離 L 2 と同等に形成されている。また、図 1 ( c ) に示すように、孔 20 は、回転子内周側端部 20 b の回転子外周面までの距離 L 4 が、永久磁石 18 の回転子の q 軸 19 側の端部における回転子内周側の角部 18 a の回転子外周面までの距離 L 5 と同等に形成されている。距離 L 4 と距離 L 5 とが同等とは、回転子内周側端部 20 b の位置が、q 軸 19 を挟む永久磁石 18 の両角部 18 a を含む平面と、回転子の中心軸を中心として両角部 18 a を通る円弧面との間に存在することを意味する。

#### 【 0017 】

次に前記のように構成された電動機の作用を説明する。

電動機が負荷状態で駆動される場合は、固定子 11 の巻線 13 に電流が供給されて固定子 11 に回転磁界が発生し、回転子 14 に回転磁界が作用する。そして、回転磁界と永久磁石 18 との間の磁気的な吸引力及び反発力により回転子 14 が回転磁界と同期して回転する。

#### 【 0018 】

永久磁石 18 で発生した磁束が回転子 14 の回転に効率よく寄与するためには、永久磁石 18 で発生した磁束がティース 12 に入力されるとともに、入力されたティース 12 と異なるティース 12 を経てとなりの極の永久磁石 18 に流入する必要がある。回転子 14 には q 軸 19 上に位置する状態で孔 20 が存在し、孔 20 は、回転子外周面との最短距離 L 1 がフラックスバリア 17 の回転子外周面との最短距離 L 2 よりも小さく形成されているため、永久磁石 18 で発生した磁束の一部が、q 軸 19 と対応する部分の回転子 14 の周縁部を経て隣りの極の永久磁石 18 に直接流入するのが抑制される。

#### 【 0019 】

また、特許文献 1 の構成と異なり、回転子 14 の q 軸 19 と対応する位置に溝が存在しないため、q 軸 19 と対応する箇所における回転子 14 の外周面とティース 12 との距離が大きくなり、固定子 11 で発生した磁束がティース 12 から回転子 14 の q 軸 19 と対応する箇所へ円滑に流入し、リラクタンストルクを有効に利用することができる。

#### 【 0020 】

また、孔 20 は、フラックスバリア 17 との最短距離 L 3 がフラックスバリア 17 の回転子外周面との最短距離 L 2 と同等に形成されている。そのため、図 1 ( c ) に示すように、固定子 11 で発生してティース 12 から回転子 14 の q 軸 19 と対応する箇所に流入する磁束 F が、永久磁石 18 の表側 ( 回転子 14 の外周と対応する側 ) と、裏側 ( 回転子 14 の中心軸と対応する側 ) とにバランス良く通過する状態となる。その結果、リラクタンストルクを有効に利用し、しかもトルク脈動を低減することができる。

#### 【 0021 】

前記構成の固定子 11 及び回転子 14 を備えた電動機のトルクをシミュレーションで求めた。結果を図 2 に示す。なお、図 2 において、横軸の回転子角度は機械角度を示す。また、点線は孔 20 を形成しない場合の比較例を示し、実線は孔 20 を形成した場合の実施例を示す。

#### 【 0022 】

図 2 から、トルクは所定周期で最大値及び最小値となるように変動するが、孔 20 を設けた場合は、最大値が減少するとともに最小値が増加する。そして、孔 20 を設けた場合、トルクの平均値は若干増加し、変動幅 ( 最大値と最小値との差 ) は 15 % 程度小さくなることが確認された。

#### 【 0023 】

この実施形態によれば、以下に示す効果を得ることができる。

( 1 ) 電動機は、ティース 12 に巻線 13 が集中巻により巻回された固定子 11 と、回転子 14 の各磁極に回転子 14 の内周側に向かって凸となるように設けられたフラックスバリア 17 と、フラックスバリア 17 内に装着された永久磁石 18 とを備えている。そし

10

20

30

40

50

て、回転子 14 の q 軸 19 上に位置する状態で形成され、かつ回転子外周面との最短距離 (L1) がフラックスバリア 17 の回転子外周面との最短距離 (L2) よりも小さく形成されている。したがって、ある極 (磁極) に設けられた永久磁石 18 から発生した磁束の一部が回転子 14 の周縁部を通して隣の極の永久磁石 18 に直接流れ込むこと、即ち隣の極の永久磁石 18 に漏れることが抑制される。また、孔 20 は、フラックスバリア 17 との最短距離 (L3) がフラックスバリア 17 の回転子外周面との最短距離 (L2) と同等に形成されている。したがって、リラクタンストルクを有効に利用し、しかもトルク脈動を低減することができる。

【0024】

(2) フラックスバリア 17 は、回転子外周側の端部が永久磁石 18 の端部より回転子外周に近くなるように膨出されている。したがって、フラックスバリア 17 が永久磁石 18 の端部より回転子外周に近くなるように膨出されていない場合に比較して、永久磁石 18 から発生した磁束の一部が回転子 14 の周縁部を通して当該永久磁石 18 に流入し難くなる。その結果、永久磁石 18 から発生した磁束が回転子 14 の回転に有効に寄与する状態になる。

10

【0025】

(3) 孔 20 は、回転子内周側端部 20b の回転子外周面までの距離 L4 が、永久磁石 18 の回転子 14 の q 軸 19 側の端部における回転子内周側の角部 18a の回転子外周面までの距離 L5 と同等に形成されている。孔 20 の回転子径方向の長さを長くすると強度の面では良くないが、あまり短くても、発明の効果が低くなる。しかし、前記距離 L4 を距離 L5 と同等にすることにより、(1)、(2) の効果が良好に発揮される。

20

【0026】

実施形態は前記に限定されるものではなく、例えば、次のように具体化してもよい。

孔 20 の形状は断面長円状に限らず、例えば、楕円状や矩形あるいは矩形の角を面取りした形状としてもよい。

【0027】

フラックスバリア 17 は、回転子外周側の端部が永久磁石 18 の端部より回転子外周に近くなるように膨出されている必要はなく、フラックスバリア 17 を永久磁石 18 と同じ大きさに形成し、永久磁石 18 が装着された状態でフラックスバリア 17 との間に隙間が無い状態であってもよい。この場合、外周近接部 17b は、永久磁石 18 の回転子外周側の端部となる。しかし、フラックスバリア 17 に永久磁石 18 の端部より回転子外周に近くなる膨出部 17a が存在する方が好ましい。

30

【0028】

孔 20 は、回転子内周側端部 20b の回転子外周面までの距離 L4 が、永久磁石 18 の回転子 14 の q 軸 19 側で、回転子内周側の角部 18a の回転子外周面までの距離 L5 と同等に形成されていなくてもよい。

【0029】

各極 (磁極) に埋設される永久磁石 18 は、平板状の永久磁石 18 が 2 個 V 字状に配置された構成に限らない。例えば、永久磁石 18 を平板状ではなく、図 3 (a) に示すように、円弧状に湾曲した板状とし、各磁極に 1 個の永久磁石 18 を回転子 14 の内周側が凸となる状態で設けてもよい。この場合、2 個の平板状の永久磁石 18 を V 字状に配置する場合に比較して、磁束の流れにとっては好ましい。しかし、永久磁石 18 の製作し易さ及び取り扱い易さの点からは、平板状の永久磁石 18 の V 字配置の方が好ましく、ロータコア 15 の強度の面からも V 字配置の方が好ましい。

40

【0030】

図 3 (b) に示すように、平板状に形成されるとともに厚さ方向に着磁された永久磁石 18 が、各磁極に 3 個ずつ、3 個の永久磁石 18 全体として回転子 14 の内周側が凸となる状態で設けてもよい。

【0031】

各磁極の永久磁石 18 を複数に分割された永久磁石 18 で構成する場合、各永久磁

50

石 1 8 を円弧状に湾曲した板状としてもよい。断面円弧状の永久磁石 1 8 は、円弧が長いと割れ易いが、円弧が短い永久磁石 1 8 を使用することにより、断面円弧状でも割れ難くなる。

【 0 0 3 2 】

回転子 1 4 の極数は 8 極に限らず、4 極以上の偶数極であればよく、回転子 1 4 の大きさにより適宜設定される。また、固定子 1 1 の極数も 1 2 極に限らず、回転子 1 4 の極数に対応して増減してもよい。

【 0 0 3 3 】

電動機に限らず発電機に適用してもよい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 4 】

【 図 1 】 ( a ) は電動機の半分を示す模式図、( b ) は ( a ) の部分拡大図、( c ) は磁束の流れを示す模式図。

【 図 2 】 回転子角度とトルクの関係を示すグラフ。

【 図 3 】 ( a ) , ( b ) はそれぞれ異なる別の実施形態の部分模式図。

【 図 4 】 従来技術の模式図。

【 符号の説明 】

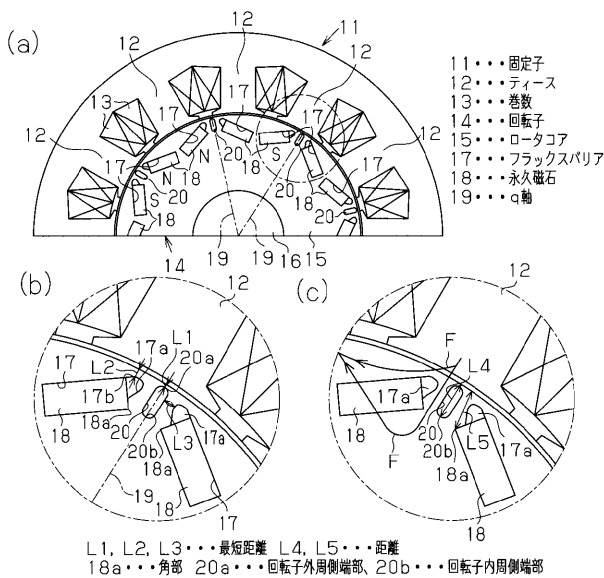
【 0 0 3 5 】

L 1 , L 2 , L 3 ... 最短距離、L 4 , L 5 ... 距離、1 1 ... 固定子、1 2 ... ティース、1 3 ... 巻線、1 4 ... 回転子、1 5 ... ロータコア、1 7 ... フラックスバリア、1 8 ... 永久磁石、1 8 a ... 角部、1 9 ... q 軸、2 0 ... 孔、2 0 a ... 回転子外周側端部、2 0 b ... 回転子内周側端部。

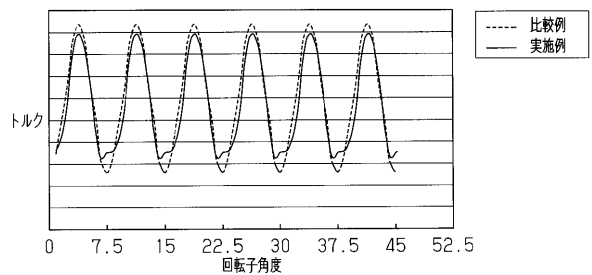
10

20

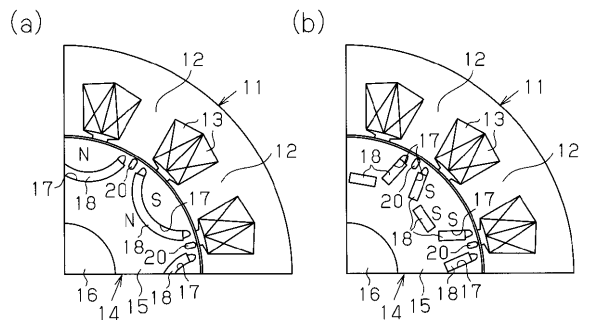
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

