

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年11月14日(14.11.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/215853 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/017991

(22) 国際出願日: 2018年5月9日(09.05.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日産自動車株式会社(NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2210023 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP).

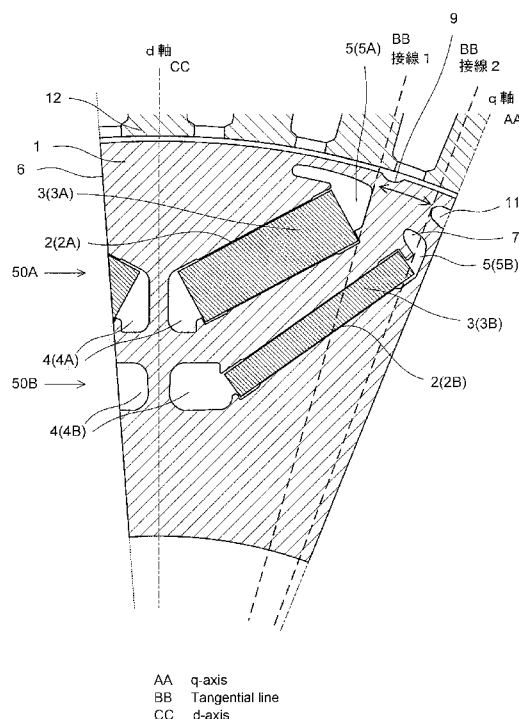
(72) 発明者: 田中 章博 (TANAKA, Akihiro); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人後藤特許事務所(GOTOH & PARTNERS); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目3番1号尚友会館 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: ROTOR STRUCTURE OF ROTATING ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 回転電機の回転子構造



(57) Abstract: This rotor structure of a rotating electric machine is provided with: a first flux barrier provided on the q-axis side electrically orthogonal to a d-axis constituted by one magnetic pole in a first permanent magnetic pair; and a second flux barrier provided on the q-axis side electrically orthogonal to the d-axis constituted by one magnetic pole in a second permanent magnetic pair. When the line connecting an end of the first flux barrier on the q-axis side and the rotation center point of the rotor core is defined as a tangential line 1 and the line connecting an end of the second flux barrier on the d-axis side and the rotation center point of the rotor core is defined as a tangential line 2, the rotor structure is provided with a rotor outer circumferential groove formed along the shaft direction of the rotor core on the outer circumference of the rotor core between the tangential line 1 and the tangential line 2.

(57) 要約: 第1永久磁石対において一磁極が構成するd軸に電氣的に直交するq軸側に設けられた第1フラックスバリアと、第2永久磁石対において一磁極が構成するd軸に電氣的に直交するq軸側に設けられた第2フラックスバリアと、を備え、第1フラックスバリアのq軸側の端部とロータコアの回転中心点を結ぶ線を接線1とし、第2フラックスバリアのd軸側の端部とロータコアの回転中心点を結ぶ線を接線2としたときに、接線1と接線2との間に、ロータコアの外周にロータコアの軸方向に沿って形成されたロータ外周溝を備える。

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： 回転電機の回転子構造

技術分野

[0001] 本発明は、回転電機の回転子構造に関する。

背景技術

[0002] J P 2 0 1 7 - 5 0 9 6 5 A には、2枚の永久磁石をV字状に配置して一磁極を構成する埋め込み磁石型モータが開示されている。このモータは、一磁極が構成するd軸と電氣的に直交するq軸側の端部に設けられたフラックスバリアの頂点と回転軸中心とを通る線を接線Aとした場合に、接線Aとq軸との間において、ロータコアの外周に、ロータコアの軸方向に沿って形成された溝を有している。このようにロータコアに溝を形成することにより、ステータに鎖交する磁石磁束の高次成分を抑制することができるので、鉄損を低減させることができる。

発明の概要

[0003] 特許文献1に記載のように構成されたロータコアは、一組の永久磁石により磁極が構成される場合に有効であった。しかしながら、一組の永久磁石を2層とした磁極を構成した場合は磁石磁束の方向が変化し、従来技術のように構成された溝によっては、必ずしも鉄損を低減させる効果を得られることができず、場合によっては高調波が増加して電磁加震力が悪化してしまうという問題があった。

[0004] 本発明は、鉄損を低減できる回転電機の回転子構造を提供することを目的とする。

[0005] 本発明による回転電機の回転子構造は、複数の磁極を周方向に設けた回転子のロータコアと、ロータコアにおける一磁極を構成する複数の永久磁石と、を備える回転電機の回転子構造に適用される。一磁極は、第1永久磁石対と第2永久磁石対とからなり、第1永久磁石対は、径方向外側へ略V字状に広がるように配置された一对の永久磁石から構成され、第2永久磁石対は、

第1永久磁石対の周方向の両外側に設けられ、径方向外側へ略V字状に広がるように配置された一対の永久磁石から構成され、第1永久磁石対において一磁極が構成するd軸に電氣的に直交するq軸側に設けられた第1フラックスバリアと、第2永久磁石対において一磁極が構成するd軸に電氣的に直交するq軸側に設けられた第2フラックスバリアと、を備える。第1フラックスバリアのq軸側の端部とロータコアの回転中心点を結ぶ線を接線1とし、第2フラックスバリアのd軸側の端部とロータコアの回転中心点を結ぶ線を接線2としたときに、接線1と接線2との間に、ロータコアの外周にロータコアの軸方向に沿って形成されたロータ外周溝を備える。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、本発明の第1実施形態の回転子構造の説明図である。

[図2]図2は、本発明の第1実施形態のロータコアの磁束の流れを示す説明図である。

[図3]図3は、本発明の第1実施形態の鉄損と溝の位置角との関係を示す図である。

[図4]図4は、本発明の第1実施形態の変形例であり、第2層のフラックスバリアがロータコアの外周に開放されている例を示す。

[図5]図5は、本発明の第1実施形態の別の変形例であり、第2層のフラックスバリアが磁石孔に連通している例を示す。

[図6]図6は、本発明の第2実施形態の回転子構造の説明図である。

[図7]図7は、本発明の第2実施形態のトルクリップルと溝の位置角との関係を示す図である。

[図8]図8は、本発明の第1及び第2実施形態において、溝と接線との関係を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、図面等を参照して、本発明の実施形態について説明する。

[0008] 図1は、本発明の第1実施形態の回転電機の回転子構造の説明図である。

[0009] 図1は、電動機（モータ）又は発電機を構成する回転電機が備える回転子

(ロータ) 6 を、軸方向に垂直な断面から見た構成図であって、構成全体の一部(一極分)を示す。

[0010] 本実施形態の回転電機は、ロータ 6 の内部に永久磁石 3 が埋設されたいわゆる I P M (Interior Permanent Magnet) 型の回転電機である。

[0011] ロータ 6 において、一磁極は四つの永久磁石 3 により構成される。一磁極は、第 1 永久磁石対(永久磁石 3 A、3 A)を備える第 1 層 5 0 A と、第 2 永久磁石対(永久磁石 3 B、3 B)を備える第 2 層 5 0 B とからなる。第 2 層 5 0 B は、第 1 層 5 0 A よりもロータ 6 の内周側に配置される。

[0012] 第 1 永久磁石対(永久磁石 3 A、3 A)は、二つの永久磁石 3 A がロータ 6 の径方向外側へと略 V 字形状に広がるように配置される。第 2 永久磁石対(永久磁石 3 B、3 B)も同様に、二つの永久磁石 3 B がロータ 6 の径方向外側へと略 V 字形状に広がるように配置される。第 2 永久磁石対(永久磁石 3 B、3 B)は、第 1 永久磁石対(永久磁石 3 A、3 A)よりもロータ 6 の周方向の両外側となる位置であって、第 1 永久磁石対(永久磁石 3 A、3 A)よりもロータ 6 の径方向の内側にオフセットされた位置に配置される。

[0013] なお、図 1 に示す本実施形態の回転電機は、8 極構造のロータを例に説明するが、極数についてはこれに限定されるものではない。ただし、以下に説明する種々の解析データは、8 極構造のロータ 6 と、スロット数が 4 8 であって、且つ、固定子巻線が分布巻きによって巻き回されたステータ 1 2 と、で構成された回転電機に本願発明を適用して解析されたことを前提とする。

[0014] 回転子コア(ロータコア) 1 は、厚さ数百 μ m の電磁鋼板を円環状に打ち抜き加工した単板を軸方向に積層して形成された、いわゆる積層電磁鋼板構造により円筒形に構成されている。

[0015] それぞれの電磁鋼板の単板には、永久磁石 3 を挿入するための磁石挿入孔 2 (以下、単に磁石孔 2 ともいう)が形成されるとともに、磁石孔 2 の周方向の両端部及びその近傍には、フラックスバリア 4、5、1 1 が形成されている。

[0016] 磁石孔 2 は、永久磁石 3 を挿入するために電磁鋼板に形成された孔である

。磁石孔 2 は、一極あたり径方向に二つの層（第 1 層 5 0 A、第 2 層 5 0 B）が構成され、各層に二つの永久磁石 3 がそれぞれ挿入される。

[0017] 磁石孔 2 は、第 1 層 5 0 A 及び第 2 層 5 0 B それぞれにおいて、ロータ 6 の外周側に向かって略 V 字形状となるように配置される。

[0018] 磁石孔 2 が形成された電磁鋼板が軸方向に積層されることで、ロータコア 1 には永久磁石 3 を埋設するための孔部が形成される。永久磁石 3 は、ロータコア 1 に形成されたそれぞれの孔部に固定される。

[0019] 第 1 層 5 0 A においては、ロータ 6 の周方向に沿って一組の第 1 永久磁石対（永久磁石 3 A、3 A）が構成する磁極が互いに等間隔で、且つ、互いに隣接する磁極の極性が異極性となるように配置される。同様に、第 2 層 5 0 B においても、ロータ 6 の周方向に沿って一組の第 2 永久磁石対（永久磁石 3 B、3 B）が構成する磁極が互いに等間隔で、且つ、互いに隣接する磁極の極性が異極性となるように配置される。これら第 1 層 5 0 A 及び第 2 層 5 0 B の四つの永久磁石 3 により一つの磁極が構成される。四つの永久磁石 3 がつくる磁束の方向が d 軸であり、d 軸に対して電氣的磁氣的に直交する方向が q 軸である。

[0020] 第 1 層 5 0 A において、一組の磁石孔 2 A は d 軸に対称に配置され、これら磁石孔 2 A のそれぞれに永久磁石 3 A が挿入される。磁石孔 2 A は、長手方向の端部に、空隙部分としてのフラックスバリア 4（4 A）、5（5 A）が形成される。フラックスバリア 4 A は、一組の永久磁石対（永久磁石 3 A、3 A）の d 軸側の端部に配置される。フラックスバリア 5 A は一組の永久磁石対（永久磁石 3 A、3 A）の、q 軸側の端部に配置される。

[0021] 第 2 層 5 0 B においても同様に、一組の磁石孔 2 B は d 軸において対称に配置され、これら磁石孔 2 B のそれぞれに永久磁石 3 B が挿入される。磁石孔 2 B は、長手方向の端部に、空隙部分としてのフラックスバリア 4（4 B）、5（5 B）が形成される。フラックスバリア 4 B は、一組の永久磁石対（永久磁石 3 B、3 B）の d 軸側の端部に配置される。フラックスバリア 5 B（端部フラックスバリア 5 B）は一組の永久磁石対（永久磁石 3 B、3 B

）の、 q 軸側の端部に配置される。

[0022] さらに、第2層50Bでは、磁石孔2Bから離間して独立した孔部であるフラックスバリア11（離間フラックスバリア11）を備える。フラックスバリア11は、 q 軸上に、 q 軸を対称とした形状の空隙部分として形成される。

[0023] これらフラックスバリア4、5、11による空隙部分は、電磁鋼板よりも透磁率が低く、磁気抵抗が大きい。したがって、フラックスバリア4、5、11は、永久磁石3がロータ6に構成する磁気回路において、磁束（フラックス）が通過するときの抵抗となる磁氣的障壁として作用する。

[0024] このように構成されたフラックスバリア4、5、11によって、適切な位置に磁気障壁が形成される。具体的には、第1層50Aにおいては永久磁石3Aに対してフラックスバリア4A、5Aが磁気抵抗群を形成し、第2層50Bにおいては永久磁石3Bに対してフラックスバリア4B、5B、11が磁気抵抗群を形成する。

[0025] このような構成によって、永久磁石3から出た磁束が該永久磁石3の異極側へ漏洩する際の磁氣的障壁となるため、それぞれの永久磁石3から出た磁束を漏れなくステータ12側へと適切に鎖交させることができる。これにより、回転電機のトルク性能が向上する。

[0026] さらに、本実施形態の第2層50Bにおけるフラックスバリア5Bは、ロータコア1の外周に最も近い部分（最外周部）が、永久磁石3のロータコア1の外周側の端部から d 軸側に向かって、ロータコア1の外周と略平行に延在して形成される突出部7を有する。

[0027] この突出部7を含むフラックスバリア5Bの最外周部がロータコア1の外周と略平行に形成されるため、フラックスバリア5Bとロータ6外周との間の磁束密度が一様に飽和し（磁気飽和）、 q 軸方向に流れようとする磁束が低減する。

[0028] これにより、永久磁石3Bから出る磁束のうち、突出部7の先端方向（ d 軸方向）へ流れる磁束の割合が増加し、ロータ磁束が正弦波に近づくため、

ステータ鎖交磁束における磁束密度の高調波成分（主に 7 次）を低減させることができる。なお、フラックスバリア 11 においても同様に、d 軸側に向かってロータコアの外周と略平行に延在して形成された構造を有するので、フラックスバリア 5B と同様に、q 軸側に流れようとする磁束が低減し、ステータ鎖交磁束における磁束密度の高調波成分を低減させることができる。

[0029] 次に、本実施形態のロータコア 1 に形成される溝（ロータ外周溝）9 について説明する。

[0030] 回転電機を電動機として動作させるときの高速回転時には、電動機の損失において高速回転域で支配的となる鉄損を低減させることが重要となる。鉄損の低減には、ロータ 6 からステータ 12 へと鎖交する磁束の高次成分を抑制することが有効である。そこで、本実施形態の回転電機の回転子構造では、次に説明するような特徴的な構成によって、鉄損の低減を図っている。

[0031] 図 1 に示すように、ロータコア 1 は、ロータコア 1 の外周にロータコア 1 の軸方向に沿って形成された溝 9 を備える。

[0032] 溝 9 は、ロータコア 1 の断面図において、ロータコア 1 の外周面から回転軸中心に向かって凹となる形状に形成される。なお、溝 9 の形状は、図で示すような U 字状に限定されるものでは必ずしもなく、V 字状などに形成されていてもよい。

[0033] 溝 9 は、図 1 に示すロータコア 1 の断面において、接線 1 と接線 2 との間に形成される。接線 1 は、第 1 層 50A において永久磁石 3A の最も q 軸側に設けられるフラックスバリア 5A の q 軸側の端部と、ロータコア 1 の回転中心点とを結ぶ線である。接線 2 は、第 2 層 50B の永久磁石 3B の磁氣的障壁のうち、ロータコア 1 の最外周側に設けられるフラックスバリア 11 の d 軸側の端部と、ロータコア 1 の回転中心点とを結ぶ線である。

[0034] このような位置に溝 9 を形成することにより、ステータ 12 に鎖交する磁束の高次成分を抑制することができ、ステータ 12 のティースへと渡る磁束の時間変化を滑らかにすることにより、ステータ 12 における鉄損を低減させることができる。

[0035] なお、以降は、第1層50Aにおいて永久磁石3Aの最もq軸側に設けられるフラックスバリア5Aを「第1フラックスバリア」と称し、第2層50Bの永久磁石3Bに関わる磁氣的障壁のうちロータコア1の最外周側に設けられるフラックスバリア11（離間フラックスバリア11）を「第2フラックスバリア」とも称する。

[0036] 図2は、本実施形態のロータコア1の磁束の流れを示す説明図である。

[0037] ロータコア1において、各永久磁石3から発生する磁束は、図3の矢印に示すように、磁氣抵抗となるフラックスバリア4、5、11の存在により方向が規制される。

[0038] 特に、ロータコア1では、第1層50Aの永久磁石3Aと第2層50Bの永久磁石3Bとの間であって、磁氣的障壁が存在しない領域（すなわち接線1と接線2との間）を、各永久磁石3の磁束が矢印で示すように通過する。この磁束は、ロータコア1の外周部分で外側に広がりながらステータ12へと鎖交する。

[0039] そこで、前述のように、ロータコア1の外周であって磁氣的障壁が存在しない領域（すなわち接線1と接線2との間）に溝9を備えることにより、ロータコア1の断面積がわずかに減少する。これにより、ロータ6からステータ12へと鎖交する磁束の高次成分を抑制して、磁束の時間変化を滑らかにすることができる。

[0040] 次に、本実施形態のロータコア1の溝9の位置による鉄損低減効果について、図3に示す解析結果を用いて説明する。

[0041] 図3は、本実施形態の鉄損[W]と溝9の中心位置における位置角[deg]との関係を示す図である。

[0042] 図3は、溝9のd軸に対する位置角[deg]を、60[deg]から84[deg]まで変化させた場合の電動機的全鉄損[W]の解析結果である。溝9を有しない場合的全鉄損は、164[W]と165[W]の間の横実線として示される。

[0043] 溝9の位置角が接線1（66[deg]付近）と接線2（82[deg]

付近)との間に配置されている場合には、溝9を有しない場合と比較して全鉄損が低減されていることが示されている。

[0044] 以上説明したように、本発明の第1実施形態の回転子構造は、複数の磁極を周方向に設けた回転子6のロータコア1と、ロータコア1における一磁極を構成する複数の永久磁石3と、を備える。一磁極は、第1永久磁石対と第2永久磁石対とからなり、第1永久磁石対は、径方向外側へ略V字状に広がるように配置された一对の永久磁石3A、3Aから構成され、第2永久磁石対は、第1永久磁石対の永久磁石3A、3Aの周方向の両外側に、径方向外側へ略V字状に広がるように配置された一对の永久磁石3B、3Bから構成される。第1永久磁石対において一磁極が構成するd軸に電氣的に直交するq軸側に設けられた第1フラックスバリア（フラックスバリア5A）と、第2永久磁石対において一磁極が構成するd軸に電氣的に直交するq軸側に設けられた第2フラックスバリア（端部フラックスバリア5B又は離間フラックスバリア11）と、を備える。

[0045] そして、第1フラックスバリアのq軸側の端部とロータコア1の回転中心点を結ぶ線を接線1とし、第2フラックスバリアのd軸側n端部とロータコア1の回転中心点を結ぶ線を接線2としたときに、接線1と接線2との間に、ロータコア1の外周にロータコア1の軸方向に沿って形成された溝（ロータ外周溝）9が形成される。

[0046] 本発明の第1実施形態は、このようにロータコア1の外周に溝9を形成したことにより、各永久磁石3から出てステータ12に流れる磁石磁束の高次成分を抑制するので、磁束の時間的変化を滑らかにすることができ、電動機の鉄損を低減することができる。すなわち、ロータコア1の外周であって、各永久磁石3から出てステータ12に流れる磁石磁束の高次成分を抑制するような位置に、溝9が形成されている。

[0047] また、本発明の第1実施形態における第2フラックスバリアは、第2永久磁石対（永久磁石3B、3B）の端部に形成された端部フラックスバリア5Bと、第2永久磁石対（永久磁石3B、3B）の端部の近傍で、かつ、第2

永久磁石対（永久磁石 3 B、3 B）から離間した位置に形成された離間フラックスバリア 11 とを含み、接線 2 は、これらフラックスバリアのうちロータコア 1 の外周に最も近いフラックスバリアの d 軸側の端部とロータコア 1 の回転中心点とを結ぶ線である。

[0048] このように、第 2 永久磁石対（永久磁石 3 B、3 B）においては、最もロータコア 1 の外側に位置する磁氣的障壁よりも d 軸側に溝 9 を形成することにより、ロータコア 1 の外周側に広がりながらステータ 12 へと鎖交する磁束に対して溝 9 が磁束の高周波成分を減衰させるように働くので、磁束の時間変化を滑らかにすることができる。

[0049] また、本発明の第 1 実施形態では、周方向に隣接する異なる磁極のそれぞれの q 軸側の端部に第 2 フラックスバリア（端部フラックスバリア 5 B）が備えられ、周方向に隣接する異なる磁極においてそれぞれの接線 2 の間には前記ロータ外周溝が形成されない。

[0050] このような構成により、第 1 永久磁石対（永久磁石 3 A、3 A）の磁束と第 2 永久磁石対（永久磁石 3 B、3 B）の磁束とが流れる箇所のロータコア 1 の外周でロータコア 1 の断面積をわずかに減少させることにより、磁束の時間的变化を滑らかにして、電動機の鉄損を低減することができる。

[0051] また、本実施形態の第 2 フラックスバリア（フラックスバリア 5 B）は、ロータコア 1 の外周に最も近い部分が、永久磁石 3 B の端部から d 軸に向かってロータコア 1 の外周と略平行に延在する突出部 7 を有する。

[0052] このような構成により、ステータ 12 における磁束密度の高調波成分が抑制され、鉄損を低減させることができる。

[0053] 図 4 及び 5 は、本発明の第 1 実施形態の変形例の回転子構造を示す。

[0054] 図 4 は、本実施形態において、第 2 層 50 B のフラックスバリア 11 が、ロータコア 1 の外周に開放されている変形例を示す。

[0055] 図 4 に示す変形例においても、第 2 層 50 B の永久磁石 3 B の磁束の磁氣的障壁のうち、最もロータコア 1 の最外周側に備えられる第 2 フラックスバリアは、フラックスバリア 11 である。そこで、第 1 フラックスバリア（フ

ラックスバリア 5 A) の q 軸側の端部と、ロータコア 1 の回転中心点とを結ぶ線である接線 1 と、第 2 フラックスバリア (離間フラックスバリア 1 1) の d 軸側の端面とロータコア 1 の回転中心軸とを結ぶ線である接線 2 との間に溝 9 を配置する。

[0056] これにより、フラックスバリア 1 1 がロータコア 1 の外周に開放されている構造であっても、前述の図 1 及び図 2 で説明したのと同様に、磁束の時間変化を滑らかにすることができ、鉄損を低減させることができる。

[0057] 図 5 は、本実施形態において、第 2 層 5 0 B が、磁石孔 2 B と離間したフラックスバリア 1 1 が備えられない変形例を示す。

[0058] 図 5 に示す変形例においては、第 2 層 5 0 B の永久磁石 3 B の磁束の磁氣的障壁のうち、最もロータコア 1 の最外周側に備えられる第 2 フラックスバリアは、端部フラックスバリア 5 B である。そこで、第 1 フラックスバリア (フラックスバリア 5 A) の q 軸側の端部とロータコア 1 の回転中心点とを結ぶ線である接線 1 と、第 2 フラックスバリア (端部フラックスバリア 5 B) の d 軸側の端面とロータコア 1 の回転中心軸とを結ぶ線である接線 2 との間に溝 9 を配置する。

[0059] これにより、磁石孔 2 から離間した離間フラックスバリア 1 1 を備えない場合であっても、前述の図 1 及び図 2 に説明したのと同様に、磁束の時間変化を滑らかにすることができ、鉄損を低減させることができる。特に、離間フラックスバリア 1 1 を備えない場合は、離間フラックスバリア 1 1 を備えた構成と比較して、ロータコア 1 の製造工数を低減できる。

[0060] 次に、本発明の第 2 実施形態の回転子構造について説明する。

[0061] 図 6 は、本発明の第 2 実施形態の回転子構造の説明図である。

[0062] 前述の第 1 実施形態は、鉄損を減少させることを目的として溝 9 の位置を規定した。これに対し第 2 実施形態では、鉄損を減少させることに加え、さらに、トルクリップルを低減させることを目的として、溝 9 の位置を規定する。

[0063] 第 1 層 5 0 A において、永久磁石 3 A の径方向の外側に備えられるフラッ

クスバリア 5 A は、ロータコア 1 の外周と略平行に延在して構成されている。この構成により、前述のフラックスバリア 5 B における突出部 7 と同様に、ステータ鎖交磁束における磁束密度の高調波成分を低減させることで、鉄損を低減することができる。

[0064] 一方で、このような構成により、フラックスバリア 5 A とロータ 6 外周との間に形成されるブリッジ部 8 は、径方向の厚さが薄くなる。このような構成では、電動機の高速回転時には、遠心力によりブリッジ部 8 が径方向外側に変形し勝手となる。ブリッジ部 8 においてロータコア 1 が径方向外側に変形した場合は、この部分における磁束が変動することにより、例えば 9 6 次のトルクリップルが増大する。

[0065] そこで、本発明の第 2 実施形態では、ロータコア 1 の径方向への変形を抑制するために、溝 9 を、ブリッジ部 8 の近傍となるように、つまり接線 2 よりも接線 1 より位置に形成した。溝 9 をブリッジ部 8 の近傍に配置することにより、ブリッジ部 8 が径方向ではなく溝 9 が存在する周方向の q 軸側へと変形し勝手とすることができる。このように、ブリッジ部 8 を周方向へと変形させるように構成したことにより、ブリッジ部 8 におけるロータコア 1 の径方向外側への変形を抑制することができる。

[0066] 図 7 は、本発明の第 2 実施形態におけるトルクリップル [Nm] と溝 9 の軸に対する位置角 [deg] との関係を示す図である。

[0067] 図 7 は、溝 9 の d 軸に対する位置角 [deg] を、60 [deg] から 84 [deg] まで変化させた場合に発生するトルクリップル [Nm] の解析結果である。溝 9 を有しない場合のトルクリップルは、4 [Nm] 付近の横実線として示される。

[0068] 図 7 を参照すると、溝 9 が、接線 1 と、接線 1 から電気角で 5 度 (5 [deg E]) 回転方向に進んだ位置と、の間に配置されている場合には、溝 9 を有しない場合と比較して、トルクリップルが最大で 33% 低減されることが示されている。

[0069] このように、本発明の第 2 実施形態においては、図 6 に示すように、接線

1 から q 軸方向に電気角で 5 度ずらした基準線を設定し、溝 9 を、接線 1 と基準線との間に配置した。

[0070] このような構成により、第 1 実施形態で説明した溝 9 による鉄損の低減に加えて、電動機の回転によるロータコア 1 の径方向外側への変形が抑制されるので、ロータコア 1 の変形により発生するトルクリップルを低減することができる。

[0071] 以上、説明した本発明の実施形態に係る回転子構造において、溝 9 の数及び形状について特に限定されるものではない。また、本願発明に係る回転子構造における一磁極あたりの永久磁石 3 の数及び配置も、上述したような 2 枚の V 字状に限定されるものではない。例えば、一磁極を三層構造として合計 6 個の永久磁石 3 が配置されていてもよい。

[0072] 本発明は、上述した実施形態及び変形例に限定されることはなく、様々な変形や応用が可能である。例えば、上述の説明においては、フラックスバリア 4、5、11 は空隙部分であると説明したが、必ずしも空間である必要はない。例えば空隙部分に樹脂材料のような非磁性材料が充填されていてもよい。

[0073] また、上述した実施形態において、溝 9 と接線 1、接線 2 及び基準線との関係について、必ずしも溝 9 の全てが、接線 1 と接線 2 との間（又は接線 1 と基準線との間）にある必要はない。すなわち、図 8 に示すように、溝 9 の最深部 h が接線 1 と接線 2 との間（又は接線 1 と基準線との間）にあればよく、溝 9 の一部が接線 1、接線 2 及び基準線を跨いでいてもよい。

請求の範囲

[請求項1] 複数の磁極を周方向に設けた回転子のロータコアと、前記ロータコアにおける一磁極を構成する複数の永久磁石と、を備える回転電機の回転子構造において、

前記一磁極は、第1永久磁石対と第2永久磁石対とからなり、

前記第1永久磁石対は、径方向外側へと略V字状に広がるように配置された一対の前記永久磁石から構成され、

前記第2永久磁石対は、前記第1永久磁石対の周方向の両外側に設けられ、径方向外側へと略V字状に広がるように配置された一対の前記永久磁石から構成され、

前記第1永久磁石対において前記一磁極が構成するd軸に電氣的に直交するq軸側に設けられた第1フラックスバリアと、

前記第2永久磁石対において前記一磁極が構成するd軸に電氣的に直交するq軸側に設けられた第2フラックスバリアと、を備え、

前記第1フラックスバリアのq軸側の端部と前記ロータコアの回転中心点を結ぶ線を接線1とし、前記第2フラックスバリアのd軸側の端部と前記ロータコアの回転中心点を結ぶ線を接線2としたときに、

前記接線1と前記接線2との間に、前記ロータコアの外周に前記ロータコアの軸方向に沿って形成されたロータ外周溝を備える、回転電機の回転子構造。

[請求項2] 請求項1に記載の回転電機の回転子構造であって、

前記第2フラックスバリアは、前記第2永久磁石対の端部に形成された端部フラックスバリアと、前記第2永久磁石対の端部の近傍で、かつ、前記第2永久磁石対から離間した位置に形成された離間フラックスバリアと、を含み、

前記接線2は、前記端部フラックスバリア及び前記離間フラックスバリアのうち、前記ロータコアの外周に最も近い方のフラックスバリア

アの d 軸側の端部と前記ロータコアの回転中心点とを結ぶ線である、
回転電機の回転子構造。

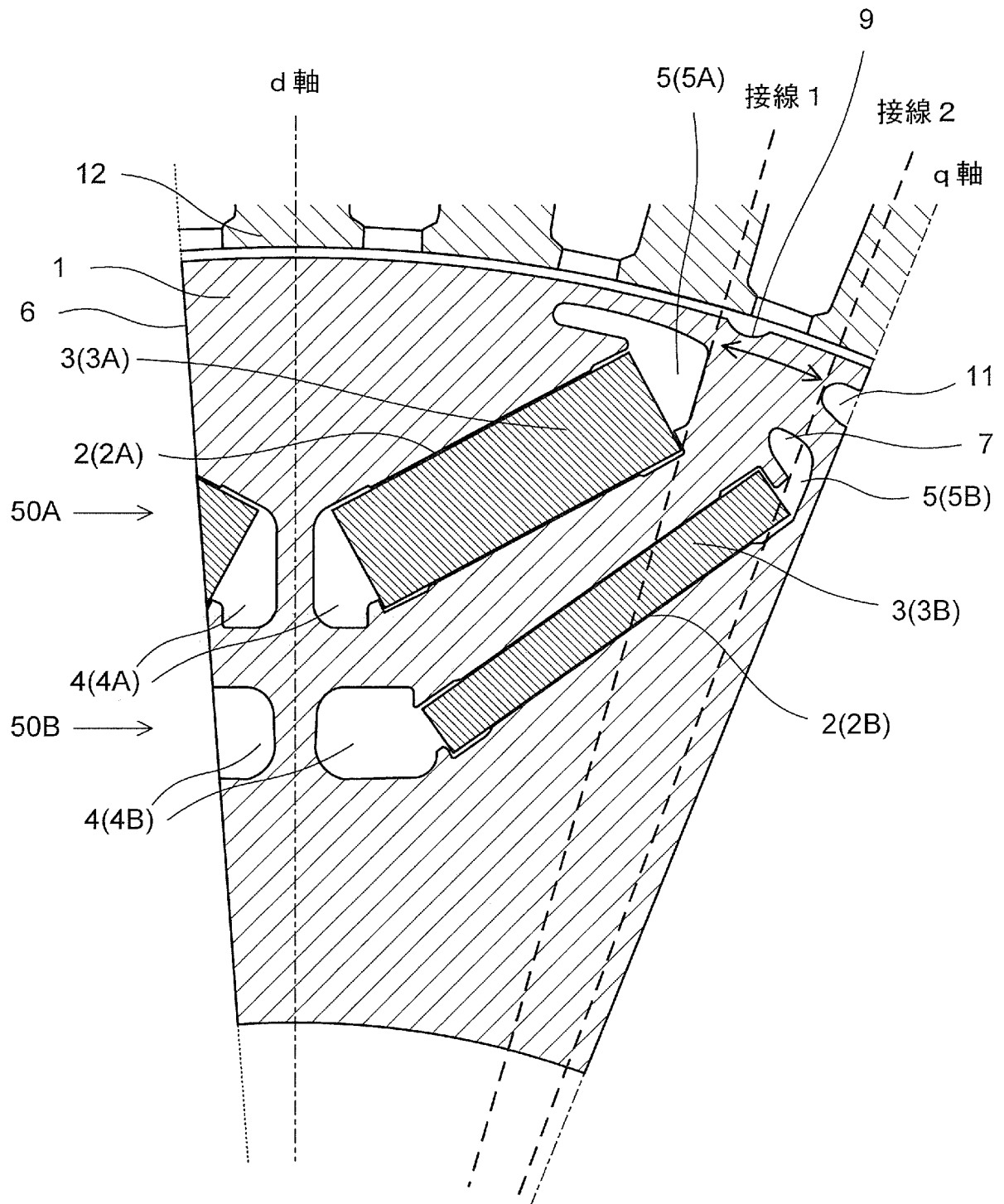
[請求項3] 請求項 1 又は 2 に記載の回転電機の回転子構造であって、
周方向に隣接する異なる磁極において、それぞれの接線 2 の間には
前記ロータ外周溝が形成されない、
回転電機の回転子構造。

[請求項4] 請求項 1 から 3 の少なくとも一つに記載の回転電機の回転子構造で
あって、
前記第 2 フラックスバリアは、前記ロータコアの外周に最も近い部
分が、前記第 2 永久磁石対の前記永久磁石の端部から前記 d 軸に向か
って前記ロータコアの外周と略平行に延在する突出部を有する、
回転電機の回転子構造。

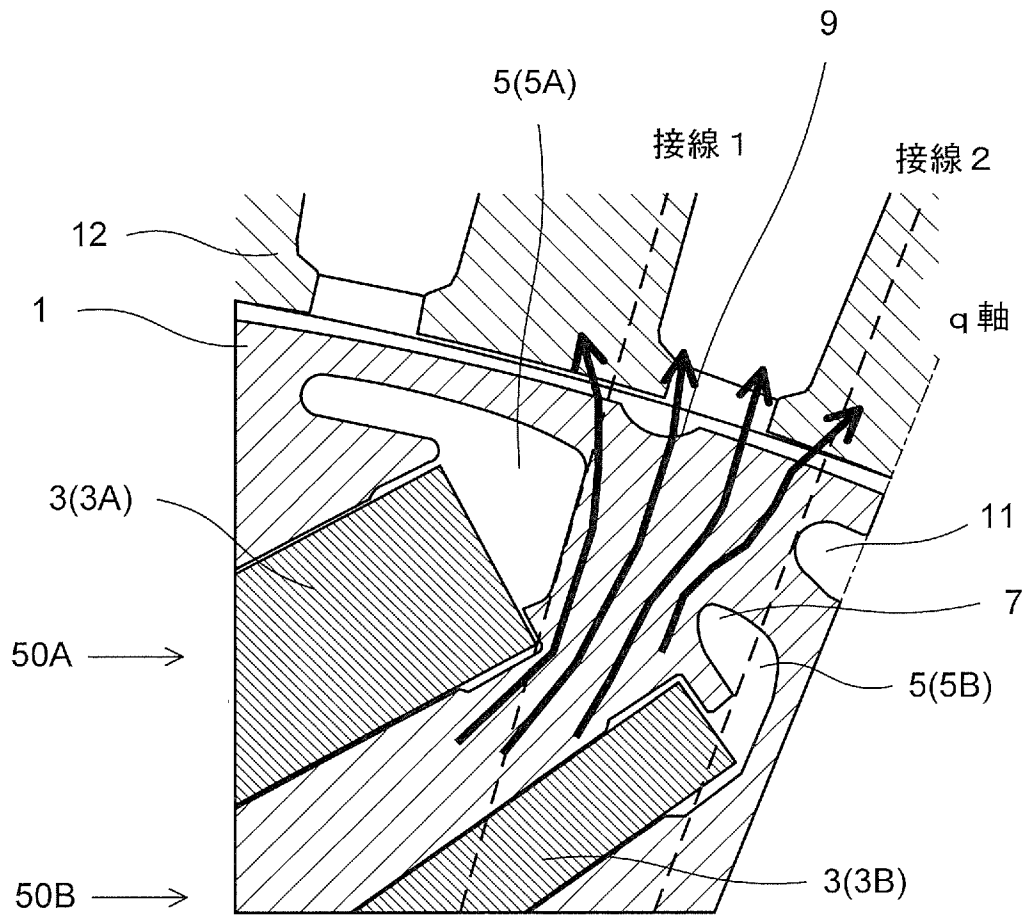
[請求項5] 請求項 1 から 4 の少なくとも一つに記載の回転電機の回転子構造で
あって、
前記ロータの外周には、巻線を有するステータが備えられ、
前記ロータ外周溝は、前記永久磁石から前記ステータへと流れる磁
石磁束の高次成分を抑制するように形成されている、
回転電機の回転子構造。

[請求項6] 請求項 1 から 5 の少なくとも一つに記載の回転電機の回転子構造で
あって、
前記ロータ外周溝は、前記接線 1 を前記 q 軸方向に前記ロータコア
の回転中心点として電気角で 5 度ずらした基準線と、前記接線 1 との
間に形成される、
回転電機の回転子構造。

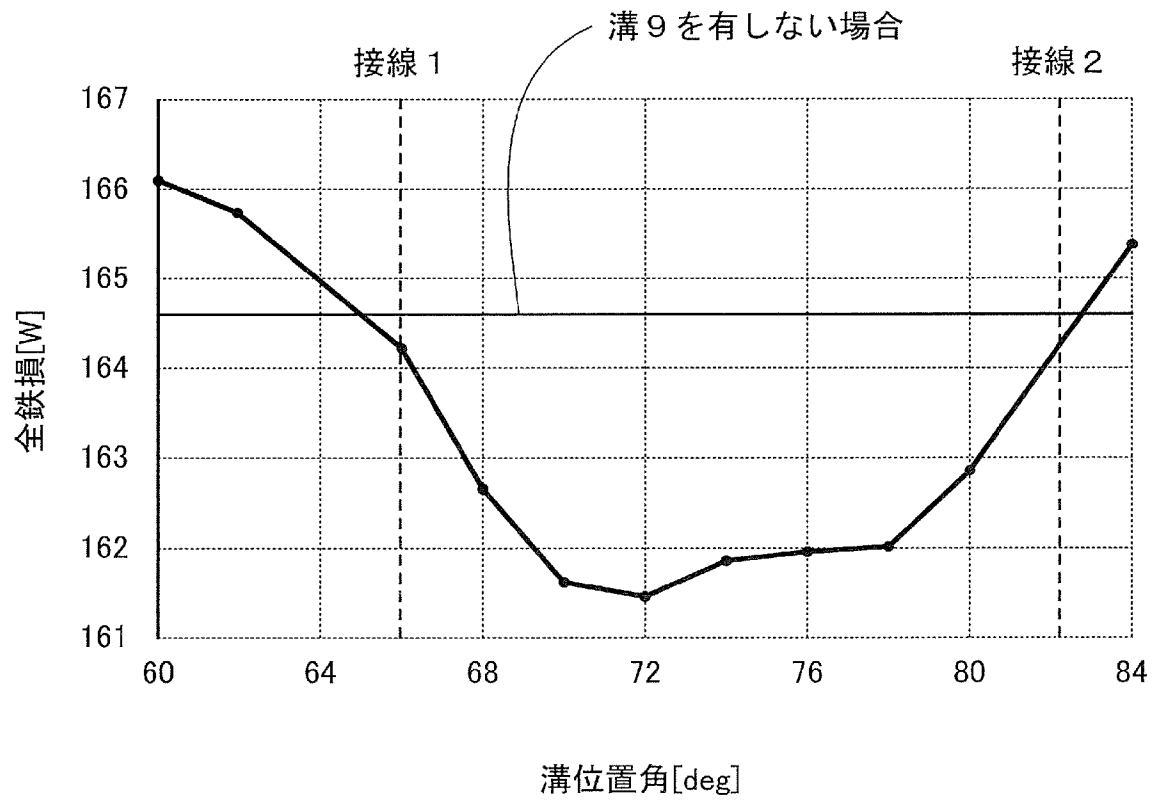
[図1]



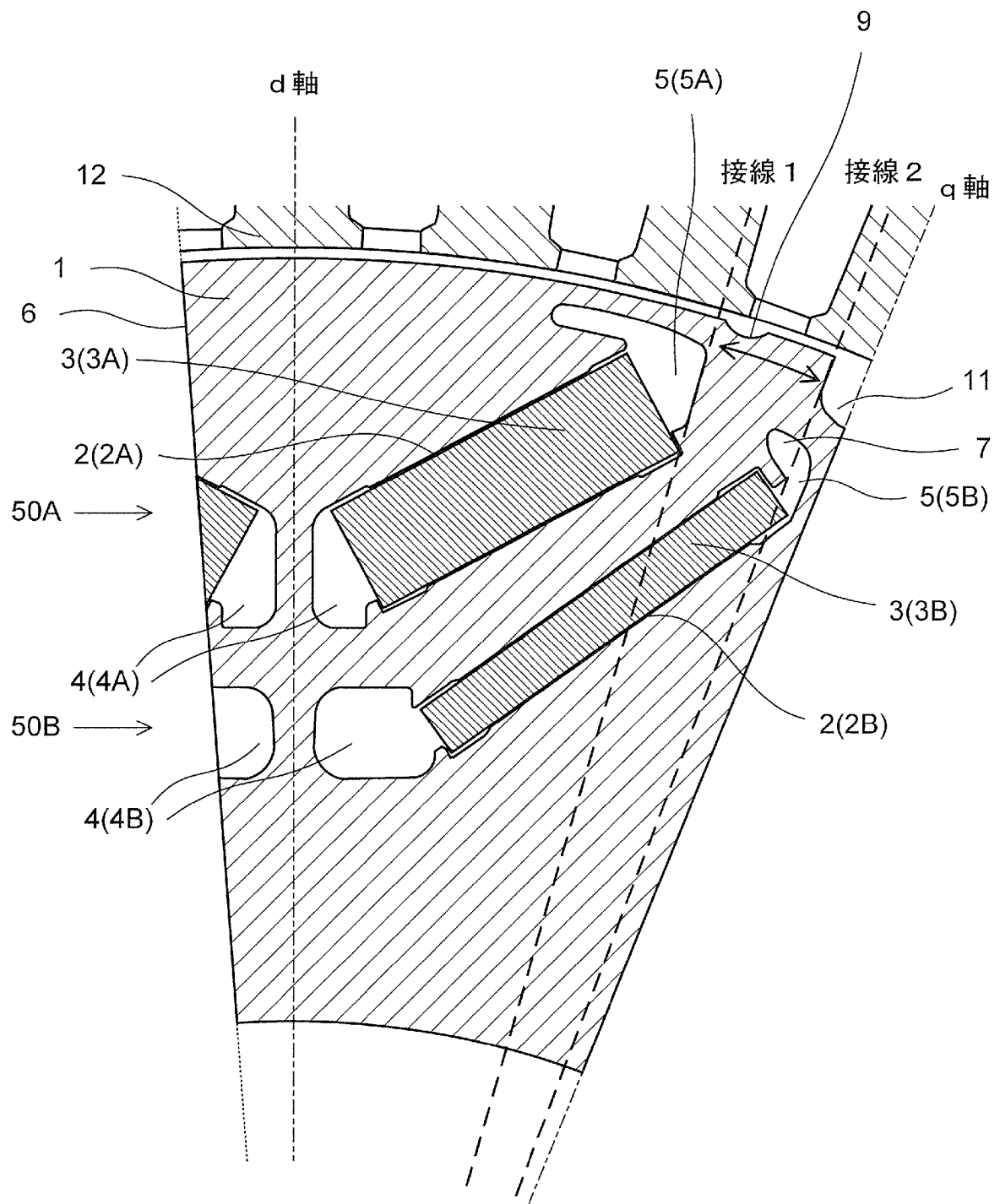
[図2]



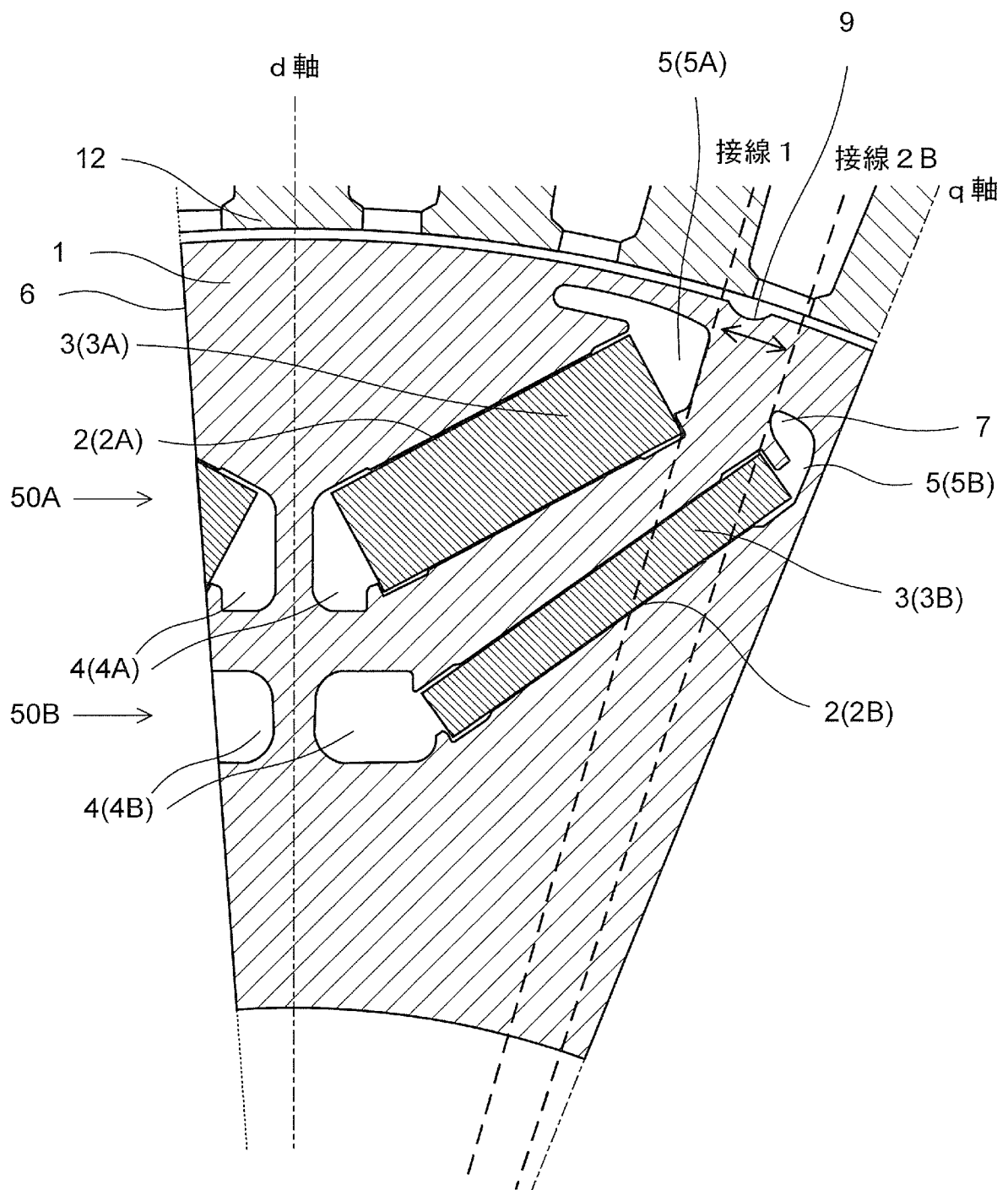
[図3]



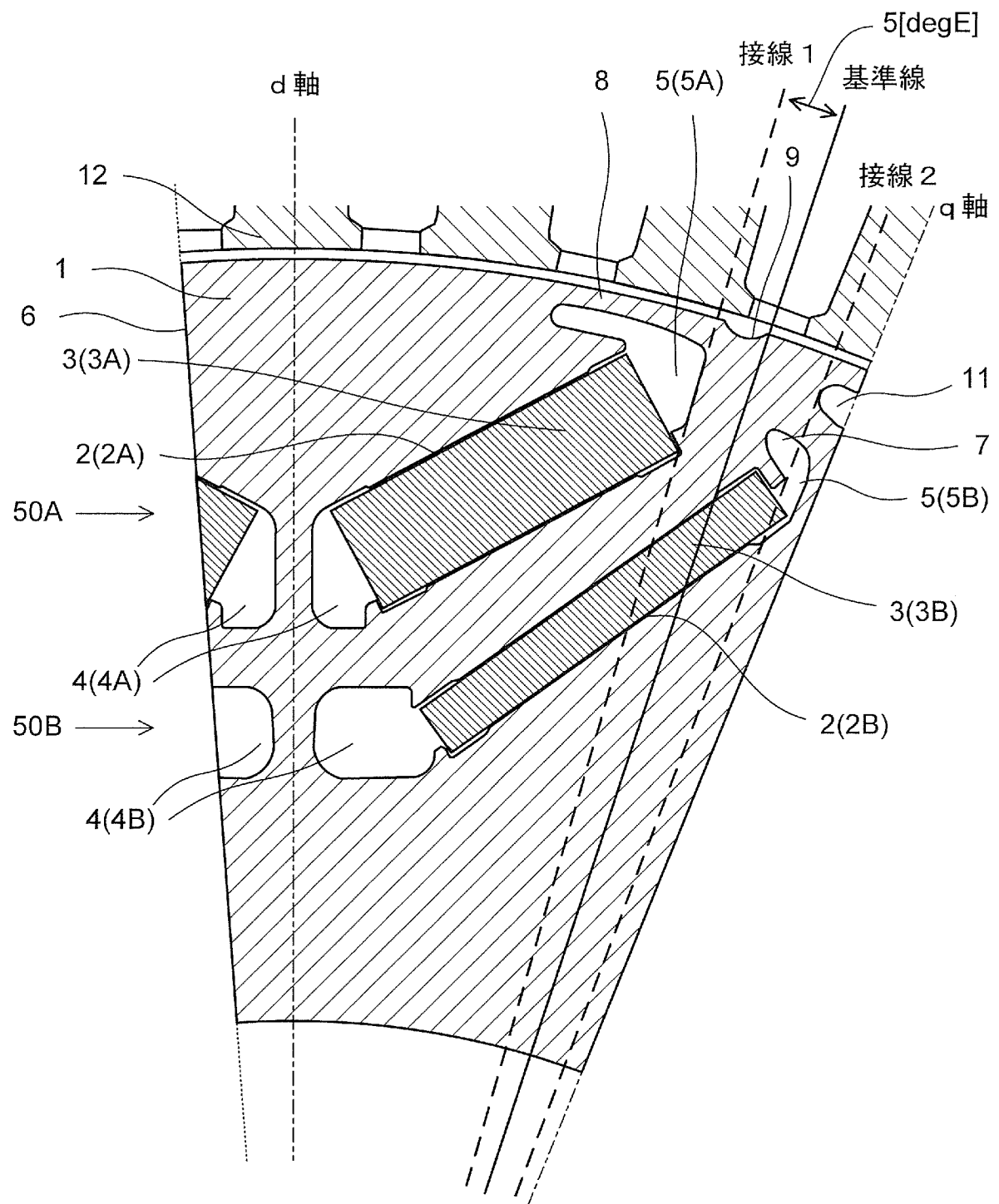
[図4]



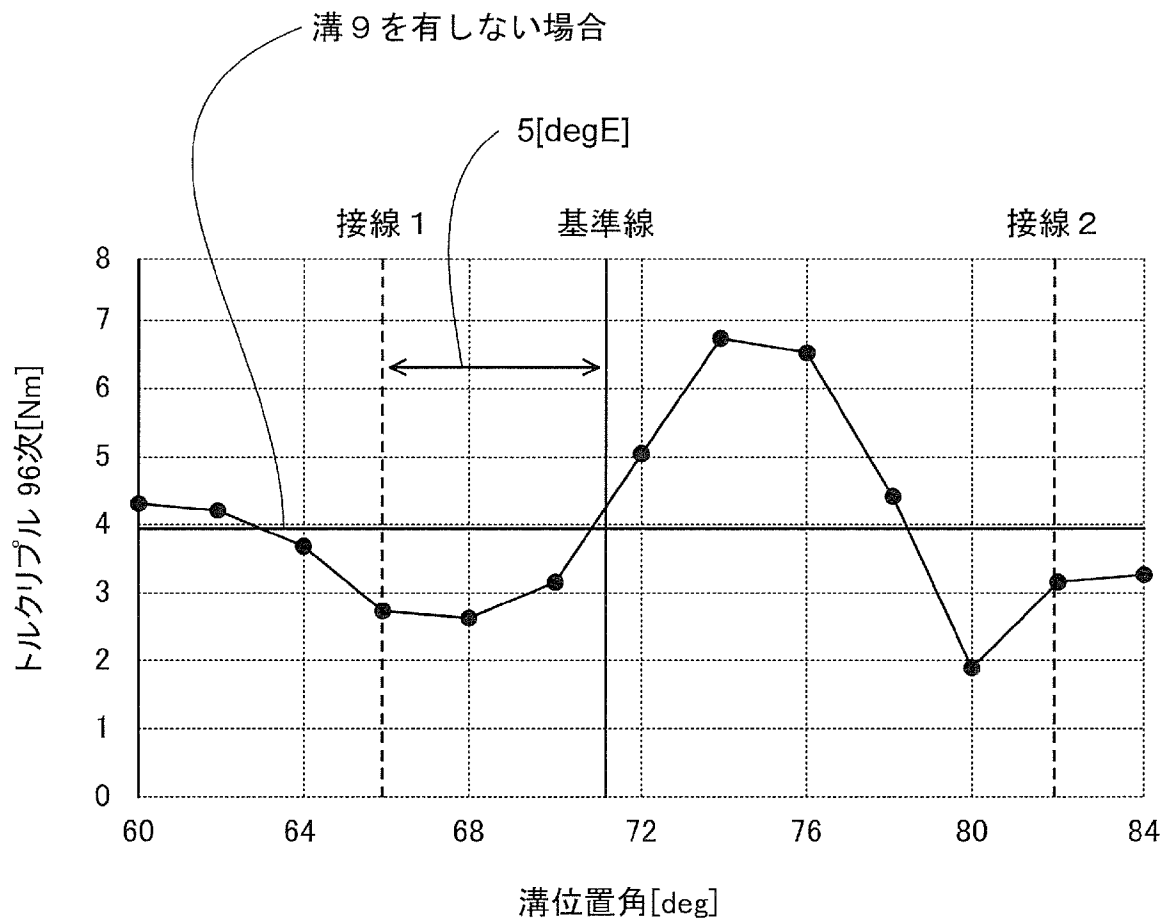
[図5]



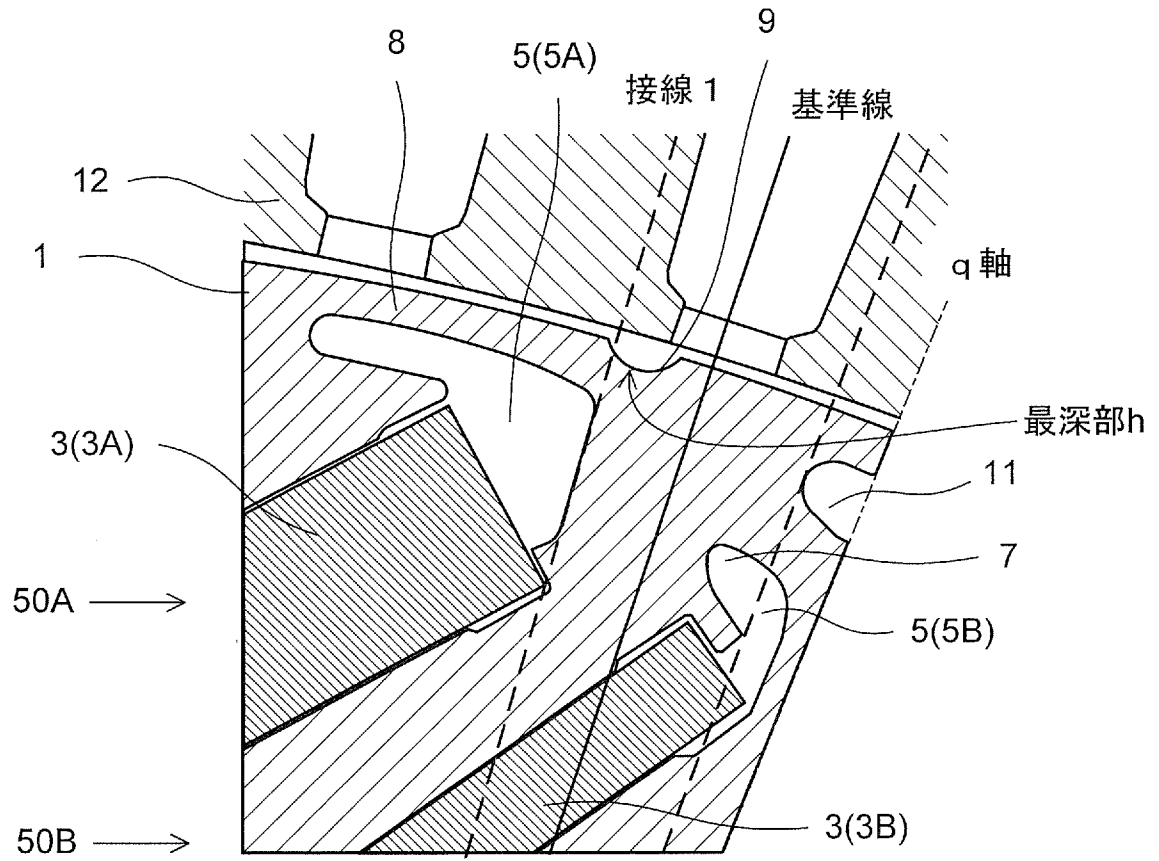
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/017991

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02K1/27 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H02K1/27

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-73417 A (TOYOTA INDUSTRIES CORP.) 16 April 2015, paragraphs [0014]-[0046], fig. 1-6, 8 (Family: none)	1-6
A	JP 2017-163730 A (TOYOTA INDUSTRIES CORP.) 14 September 2017, paragraphs [0014]-[0047], fig. 1-4 & US 2017/0264151 A1, paragraphs [0017]-[0058] & DE 102017104254 A1	1-6
A	US 2017/0040854 A1 (MOTEURS LEROY-SOMER) 09 February 2017, entire text, all drawings & WO 2015/155731 A2 & FR 3019948 A1	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03.07.2018

Date of mailing of the international search report
17.07.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/017991

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017/0317540 A1 (FARADAY & FUTURE INC.) 02 November 2017, entire text, all drawings & WO 2017/190090 A1, entire text, all drawings	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02K1/27 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02K1/27

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-73417 A (株式会社豊田自動織機) 2015.04.16, 段落[0014]-[0046], 図 1-6, 8 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2017-163730 A (株式会社豊田自動織機) 2017.09.14, 段落[0014]-[0047], 図 1-4 & US 2017/0264151 A1, 段落[0017]-[0058] & DE 102017104254 A1	1-6
A	US 2017/0040854 A1 (MOTEURS LEROY-SOMER) 2017.02.09, 全文, 全図 & WO 2015/155731 A2 & FR 3019948 A1	1-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03.07.2018

国際調査報告の発送日

17.07.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

池田 貴俊

3 V

9 2 5 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2017/0317540 A1 (FARADAY&FUTURE INC.) 2017.11.02, 全文, 全図 & WO 2017/190090 A1, 全文, 全図	1-6