(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
2012 年 2 月 2 日(02.02.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/014728 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01) *H02K 21/14* (2006.01)
H02K 1/22 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/066373

(22) 国際出願日: 2011 年 7 月 19 日(19.07.2011)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2010-168050 2010 年 7 月 27 日(27.07.2010) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 仲田 徹 (NAKADA, Tohru).

(74) 代理人: 後藤 政喜(GOTO, Masaki); 〒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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

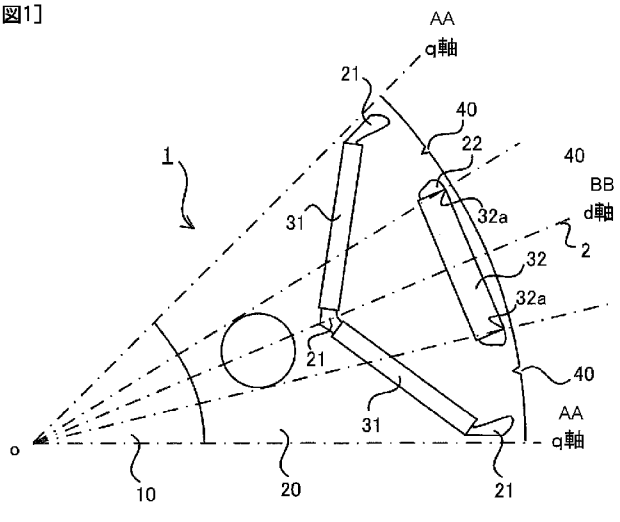
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,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

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: ROTOR FOR ELECTRIC MOTOR

(54) 発明の名称 : 電動機用ロータ

[図1]



AA q-AXIS
BB d-AXIS

(57) **Abstract**: A single pole, which is composed of a pair of first permanent magnets positioned in a V-shape that opens toward the outer periphery, and a second permanent magnet positioned parallel in the circumferential direction to the open part of the V-shape, is provided with a plurality of rotor cores that are disposed in a circumferential direction, and the polarity of which alternately change. Among a plurality of pitch lines that connect a rotor shaft center and a plurality of notches that inscribe from the d axis to the q axis of the outer periphery of a rotor core at electrical degree intervals of 1 cycle of a harmonic component of an induced voltage, using an object that exists between a line, which connects a corner on the outer periphery side of a rotor of the second permanent magnet and the rotor shaft center, and the q-axis, as a base point, a groove, having a groove center within a range sandwiched between a position shifted 1/4 of a cycle of a harmonic component in electrical degrees in the d-axis direction from said base point, and a position shifted 1/8 of a cycle of a harmonic component in electrical degrees in the q-axis direction, is formed.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/014728 A1

外周方向に開くＶ字型に配置された一対の第１永久磁石及びＶ字型の開いた部分に周方向と平行に配置された第２永久磁石で構成される一極が、交互に極性を変えて円周方向に複数配置されたロータコアを備え、ロータコア外周のｄ軸からｑ軸までを誘起電圧の高調波成分１周期分の電気角度間隔で刻んだ複数の刻み点とロータシャフト中心とを結ぶ複数の刻み線のうち、第２永久磁石のロータ外周側角部とロータシャフト中心とを結ぶ線とｑ軸との間にあるものを基点として、当該基点からｄ軸方向に電気角度で高調波成分の１／４周期分ずれた位置と、ｑ軸方向に電気角度で高調波成分の１／８周期分ずれた位置とで挟まれる範囲内に溝中心を有する溝を形成する。

明　細　書

発明の名称 ： 電動機用ロータ

技術分野

[0001] 本発明は、電動機に用いられるロータに関する。

背景技術

[0002] 電気自動車やハイブリッド車両等といった電動車両の駆動用電動機として、ロータコアに永久磁石が埋め込まれた埋め込み磁石型永久磁石式電動機（Ｉｎｔｅｒｉｏｒ　Ｐｅｒｍａｎｅｎｔ　Ｍａｇｎｅｔ　モータ（以下、適宜ＩＰＭモータと称する））が知られている。

[0003] ＩＰＭモータには、永久磁石の磁束によって生じる鉄損によって高回転域での効率が低下するという問題がある。また、電動機の振動や騒音を抑えるために、トルクリプルを低下させることも求められる。

[0004] さらに、インバータ部品の耐久性確保の観点からは、誘起電圧のピーク値がインバータシステムの耐圧を超えないようにする必要もある。誘起電圧はトルクに寄与する主成分と、トルクに寄与しない高調波成分との合成でなるところ、単に誘起電圧をインバータシステムの耐圧を超えないように低くすると、主成分が小さくなってトルクが低下するおそれがある。そこで、トルク低下防止のためには、高調波成分のみを低減することで誘起電圧のピーク値を低下させる必要がある。

[0005] これらの要求を満たすために、ＪＰ２００４－３２８９５６Ａでは、ロータ内に埋め込む永久磁石を１極あたり２枚用い、これらをロータ外周側が開いたＶ字型となるように配置させたロータの外周に、溝中心が電気角度４０°～５３°の範囲となるように溝を形成している。

発明の概要

[0006] ところで、より高いトルクを発生させるために、上記Ｖ字型に配置した２本の永久磁石に加え、Ｖ字型の開いた部分に、周方向に沿うように１本の永久磁石を配置した、つまり３本の永久磁石を三角形となるように配置したロ

ータを有する電動機が知られている。

[0007] このような永久磁石を三角形に配置したロータについて、ＪＰ２００４－３２８９５６Ａと同様に外周部に溝を設けると、鉄損は低減できるものの、高調波成分及びトルクリプルについては必ずしも改善されず、却って悪化する場合もあることが本発明者らによって見出された。

[0008] そこで、本発明では永久磁石を三角形となるように配置したロータについて、鉄損低減等を実現することを目的とする。

[0009] この発明の詳細並びに他の特徴や利点は、明細書の以降の記載の中で説明されるとともに、添付された図面に示される。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図１は本発明による電動機用ロータの第１実施形態を示す図である。

[図2]図２は溝の形状の一例を示す断面図である。

[図3]図３は溝の形状の他の例を示す断面図である。

[図4]図４は溝の形状のさらに他の例を示す断面図である。

[図5A]図５Ａは溝を設ける位置と鉄損、誘起電圧の高調波比率、及びトルクリプルに影響を与えるコギングトルクとの関係を示す図である。

[図5B]図５Ｂはロータコアの外周部付近を直線状に示し、これにトルクリプルの主成分である誘起電圧の高調波成分の波形を重ねた図である。

[図6]図６は図５Ａの部分拡大図である。

[図7]図７は鉄損の低減とコギングトルクの低減を主な目的とする場合の溝を設ける位置を示す図である。

[図8]図８は鉄損の低減と高調波比率の低減を主な目的とする場合の溝を設ける位置を示す図である。

[図9]図９は鉄損の低減、コギングトルクの低減、及び高調波比率の低減を目的とする場合の溝を設ける位置を示す図である。

[図10]図１０は本発明による電動機用ロータの第２実施形態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] （第１実施形態）

図１は本発明による電動機用ロータの第１実施形態を示す図であり、ロータシャフトに直交する断面であって、全周の１／８（機械角４５°）を示す。なお、残りの７／８は、図１に示した構成を周方向に繰り返し並べた構成となっている。

[0012] 電動機用ロータ１は、ロータシャフト１０とロータコア２０と永久磁石グループ３０とを有する。

[0013] ロータシャフト１０は、ロータ１の回転軸である。

[0014] 図１に示すように、ロータコア２０はロータシャフト１０の周囲に設けられる。ロータコア２０は多数の電磁鋼板がロータシャフト１０の軸方向に積層されて形成される。ロータコア２０には、対称軸２の周りに線対称な形状の空隙２１のグループと、ロータコア２０の周方向と平行な空隙２２のグループが形成される。

[0015] 空隙２１は、ロータシャフト１０側の根元部分は対称軸２に達し、先端部分は対称軸２から離れてｑ軸に近づくとともにロータ外周に近づく、いわゆるＶ字型に形成される。

[0016] 空隙２２は、Ｖ字型の空隙２１の開いた部分に、ロータコア２０の周方向と平行に形成される。

[0017] 永久磁石グループ３０は、ロータコア２０の空隙２１及び空隙２２に埋め込まれており、１つの空隙２１には１対の永久磁石３１が、１つの空隙２２には１つの永久磁石３２が、それぞれ埋め込まれている。

[0018] 空隙２１が対称軸２に対して線対称な形状なので、１対の永久磁石３１も対称軸２に対して線対称の、いわゆるＶ字型の配置となる。そして、空隙２１に配置した１対の永久磁石３１と空隙２２に配置した永久磁石３２とで、略三角形を形成する。

[0019] ロータコア２０の外周部には、永久磁石３２の外周側角３２ａとロータ中心Ｏとを結ぶ直線とｑ軸とで挟まれた領域内の後述する位置に溝中心を有する溝４０が形成されている。

[0020] 図２は溝４０の一例を示している。溝４０は、その断面形状がロータ中心Ｏに向かって徐々に幅が狭まる三角形であり、ロータ中心Ｏ側の頂点とロータ中心Ｏとを結ぶ直線に対して線対称に形成されている。したがって、ロータ中心Ｏ側の頂点とロータ中心Ｏとを結ぶ直線が溝中心となる。

[0021] なお、溝４０は、その断面形状が図３に示すようなロータ中心Ｏに向かって幅が狭まる四角形状や、図４に示すような円弧形状であっても構わない。特に、応力分散の観点からすると、図４のような円弧形状が望ましい。

[0022] 溝４０を上述した領域内に形成するのは、ロータ１の外周側に配置される分布巻ステータとロータ１との間を鎖交する磁束の飽和を緩和して、鉄損、誘起電圧の高調波成分、トルクリプルを低減させるためである。

[0023] なお、トルクリプルとは通電時におけるトルク脈動のことで、ロータ１とその外周に配置される分布巻ステータとの間のエアギャップにおける磁束の通り易さに違いがあることによって発生する。この磁束の通り易さの違いは、エアギャップでの磁束数の違いにより生じる。

[0024] また、ロータコア２０外周部の、外周側角３２ａとロータ中心Ｏとを結ぶ２本の直線で挟まれた領域は、周方向に向けて配置した永久磁石３２の影響によってロータコア２０の上記２本の直線で挟まれた領域の磁束は飽和している。したがって、この領域に溝４０を設けても、分布巻ステータとロータ１との間を鎖交する磁束は変化しない。このため、鉄損等を低減することができない。

[0025] 次に、溝４０の位置の詳細について図５Ａ、図５Ｂを参照して説明する。以下、「溝４０の位置」とは、溝４０の溝中心の位置を指す。

[0026] 図５Ａは、溝４０を設ける位置と、鉄損、誘起電圧の高調波比率、及びトルクリプルに影響を与えるコギングトルクとの関係を調べた結果を示す図である。図５Ｂは、本来円弧形状であるロータコア２０の外周部付近を直線状に示し、これにトルクリプルの主成分である誘起電圧の高調波成分の波形を重ねた図である。

[0027] 図５Ａの左縦軸が誘起電圧の高調波比率である。これは、誘起電圧波形の

波高値を、誘起電圧中の高調波成分の含有率を意味する誘起電圧波形の一次成分の波高値で除したものである。この値が小さいほど高調波成分が少ないことを意味する。

[0028] 図５Ａの右縦軸はコギングトルクと鉄損の、溝無しの場合に対する割合である。

[0029] 図５Ｂは、ロータコア２０の永久磁石３２付近を示す図であって、実線Ａはトルクリプルの主成分の波形を示している。

[0030] 図５Ａ、図５Ｂともに、横軸はｄ軸を起点とした電気角度である。また、図５Ａ及び図５Ｂのｑ１－ｑ１１は、それぞれ同じ電気角度を示している。

[0031] 図５Ａ、図５Ｂに示したように、鉄損は、永久磁石３２の外周側角３２ａからｑ軸方向のいずれの電気角度に溝４０の溝中心を設けた場合でも、溝無しの場合に比べて低減している。

[0032] コギングトルクは、ｄ軸を基点としてロータコア２０外周部をトルクリプル主成分一周期分の電気角度毎に刻んだ点を点Ｂとしたときに、永久磁石３２の外周側角３２ａからｑ軸までの間で、点Ｂ毎に溝無しの場合とほぼ同等の極小値をとっている。

[0033] 誘起電圧の高調波比率は、コギングトルクが極小値をとる電気角度からトルクリプル主成分の１／４周期分の電気角度だけｄ軸方向側にずれた電気角度で極小値をとっている。つまり、高調波比率もトルクリプル主成分の一周期分の電気角度毎に極小値をとっている。

[0034] 上記の溝４０を設けたことによる効果は、溝４０をトルクリプルの主成分の周期に従って設けることによって分布巻ステータとロータ１の間に鎖交する磁束の高調波成分が打ち消されたために得られたと考えられる。

[0035] 次に、コギングトルク及び高調波比率を有効に低減できる電気角度範囲について説明する。

[0036] 図６は図５Ａの一部を拡大した図である。

[0037] 「コギングトルクを有効に低減できる電気角度範囲」を、例えば、溝無しの場合よりもコギングトルクが小さい電気角度範囲と規定する。この場合、

前述したコギングトルクが極小値となる電気角度を基点として、ｄ軸側にはトルクリプル主成分の１／４周期分ずれた電気角度まで、ｑ軸側には同じく１／８周期分ずれた電気角度までがコギングトルクを有効に低減できる電気角度範囲になる。なお、上述したように、この電気角度範囲では鉄損も低減できる。

[0038] 一方、図６において、高調波比率が極小値となる電気角度を基点として、コギングトルクを有効に低減できる電気角度範囲と同様に、ｄ軸側にはトルクリプル主成分の１／４周期分ずれた電気角度まで、ｑ軸側には同じく１／８周期分ずれた電気角度までの範囲を見る。この範囲では、高調波比率が約１．０２より小さくなっており、高調波比率が十分に低減しているといえる。そこで、この範囲を「高調波比率を有効に低減できる電気角度範囲」とする。なお、この電気角度範囲では鉄損も低減できる。

[0039] したがって、鉄損の低減とコギングトルクの低減を主な目的とする場合には、図７に示すように、永久磁石３２の外周側角３２ａからｑ軸までの間で、点Ｂを基点として、ｄ軸側にはトルクリプル主成分の１／４周期分ずれた電気角度まで、ｑ軸側には同じく１／８周期分ずれた電気角度までの範囲のいずれかの部分に溝４０を設ければよい。なお、図７において点Ｂは３つあるが、いずれの点Ｂを基点としても構わない。また、すべての点Ｂを基点としても構わない。これは、後述する図８、図９についても同様である。

[0040] そして、鉄損の低減と高調波比率の低減を主な目的とする場合には、図８に示すように、点Ｂからｄ軸方向にトルクリプル主成分の１／４周期分ずれた位置を基点として、ｄ軸側にはトルクリプル主成分の１／４周期分ずれた電気角度まで、ｑ軸側には同じく１／８周期分ずれた電気角度までの範囲のいずれかの部分に溝４０を設ければよい。

[0041] また、上述したコギングトルク低減を主目的とする場合と、高調波比率低減を主目的とする場合の電気角度範囲は、本実施形態の場合には、点Ｂからｄ軸方向にトルクリプル主成分の１／４周期分ずれた位置を基点として、ｑ軸側にトルクリプル主成分の１／８周期分ずれた電気角度までの範囲が重複

する。したがって、この重複する電気角度範囲であれば、鉄損の低減、コギングトルク低減及び高調波比率低減のいずれの効果も得られる。

[0042] 次に、上述した鉄損、コギングトルク、高調波成分の低減に効果のある溝４０の位置について式で表す。式によって一般化できれば、容易に設計に用いることが可能となる。

[0043] 後述する式（１）－（３）では、Ｗｍは永久磁石３２のロータ外周側両角とロータ中心Ｏとがなす角度、ｍはｍ×（２π／ｎ）＞Ｗｍ／２を満足する最小の整数からｎ／４の商までの整数、ｎはトルクプルｎ次成分とする。

[0044] 鉄損及びコギングトルクを有効に低減できる電気角度範囲は、次式（１）で表される。

[0045] ｍ×（２π／ｎ）＋（２π／ｎ）／８

ｍ×（２π／ｎ）－（２π／ｎ）／４ ・・・（１）

[0046] 鉄損及び高調波比率を有効に低減できる電気角度範囲は、次式（２）で表される。

[0047] （ｍ－１／４）×（２π／ｎ）＋（２π／ｎ）／８

（ｍ－１／４）×（２π／ｎ）－（２π／ｎ）／４ ・・・（２）

[0048] 鉄損、コギングトルク、及び高調波比率を有効に低減できる電気角度範囲は、次式（３）で表される。

[0049] （ｍ－１／４）×（２π／ｎ）＋（２π／ｎ）／８

（ｍ－１／４）×（２π／ｎ） ・・・（３）

[0050] なお、コギングトルクを低減するための溝４０と、高調波比率を低減するための溝４０とは択一的な関係にはないので、それぞれの溝４０を各１つ、またはそれ以上形成してもよい。

[0051] ところで、一般的に電動車両用として用いられる電動機では、トルクリプルは６次、１２次等複数の高調波成分を含んだものが現れる。２０次以下の成分については、分布巻ステータやロータ１を、回転軸を中心として円周方向にねじるスキューと呼ばれる手法により容易に低減することができるので、一般的な設計においてもスキューを施すことが主流となっている。しかし

、一般的に電動車両用として用いられる電動機のトルクリプルの主成分は２４次である。２０次を超える高次成分については、高次成分の１周期分に相当する機会角度が小さくなるため、スキューを施すことが困難になる。つまりスキューではトルクリプルの主成分を低減することは困難である。

[0052] その点、上述した溝４０であれば、２０次を超えるような高次成分も低減することができる。

[0053] 以上により本実施形態では、次の効果が得られる。

[0054] （１）Ｖ字型に配置された一対の永久磁石３１及びＶ字型の開いた部分に周方向と平行に配置された永久磁石３２で構成される一極が、交互に極性を変えて円周方向に複数配置されたロータコア２０を有する電動機用ロータにおいて、ロータ外周の以下に記す溝４０を設ける。ロータコア外周のｄ軸からｑ軸までを誘起電圧の高調波成分１周期分の電気角度間隔で刻んだ複数の刻み点と前記ロータシャフト中心とを結ぶ複数の刻み線のうち、永久磁石３２のロータ外周側角３２ａとロータシャフト中心Ｏとを結ぶ線とｑ軸との間にあるものを基点とする。そこからｄ軸方向に電気角度で高調波成分の１／４周期分ずれた位置と、ｑ軸方向に電気角度で高調波成分の１／８周期分ずれた位置とで挟まれる範囲内に溝中心を有する。つまり、上述した式（１）で表される範囲に溝４０を設ける。これにより、ステータとの間を鎖交する磁束を変化させて、鉄損を低減できる。さらに、コギングトルクを低減できるので、トルクリプルを有効に低減できる。

[0055] （２）溝４０を、複数の刻み線のうち永久磁石３２のロータ外周側角３２ａとロータシャフト中心Ｏとを結ぶ線とｑ軸との間にあるものから、ｄ軸方向に電気角度で高調波成分の１／４周期分ずれた位置を基点として、そこからｄ軸方向に電気角度で高調波成分の１／４周期分ずれた位置と、ｑ軸方向に電気角度で高調波成分の１／８周期分ずれた位置とで挟まれる範囲内に設ける。つまり、上記式（２）で表される範囲に溝４０を設ける。これにより、ステータとの間を鎖交する磁束を変化させて、鉄損を低減できる。さらに、誘起電圧の高調波比率、つまり誘起電圧の高調波成分を低減できる。

[0056] （３）溝４０を、複数の刻み線のうち、永久磁石３２のロータ外周側角３２ａとロータシャフト中心Ｏとを結ぶ線とｑ軸との間にあるものから、ｄ軸方向に電気角度で高調波成分の１／４周期分ずれた位置を基点として、そこからｄ軸方向に電気角度で高調波成分の１／８周期分ずれた位置までの範囲内に設ける。つまり、上記式（３）で表される範囲に溝４０を設ける。この範囲は、上述した式（１）で表される範囲と式（２）で表される範囲の重複部分なので、鉄損、高調波成分、及びトルクリプルを低減できる。

[0057] （第２実施形態）

本実施形態は、ロータ１の基本的な構成は第１実施形態と同様であり、溝４０を設ける電気角度だけが第１実施形態と異なる。

[0058] 図１０を用いて、本実施形態の溝４０を形成する位置について説明する。

[0059] 図１０は、図７等と同様にロータコア２０の外周部分の一部を直線状に示し、これにトルクリプルの主成分の波形Ａを重ねた図である。図１０において、ロータコア２０の外周を、ｄ軸を基点としてｑ軸方向にトルクリプル主成分１周期分の電気角度毎に区切る線を、ｄ軸側から順に刻み線１、刻み線２、刻み線３とする。

[0060] コギングトルク低減を主な目的とする場合には、複数の刻み線のうち、円周方向に向けて配置した永久磁石３２の外周側角３２ａとロータ中心Ｏを結ぶ直線からｑ軸方向に２番目に近いもの、つまり刻み線２を溝中心として、式（１）で表される電気角度範囲内に、例えば実線Ｓのように溝４０を形成する。一方、誘起電圧の高調波比率の低減を主な目的とする場合には、刻み線２からｄ軸側にトルクリプル主成分の１／４周期分ずれた電気角度を溝中心として、式（２）で表される電気角度範囲内に、例えば実線Ｔのように溝４０を形成する。

[0061] コギングトルク及び高調波比率の低減を目的とする場合には、刻み線２からｄ軸方向にトルクリプル主成分の１／４周期分ずれた位置を基点として、ｑ軸側にトルクリプル主成分の１／８周期分ずれた電気角度を溝中心として、式（３）で表される電気角度範囲内に溝４０を形成する。もちろん、実線

Ｓと実線Ｔの両方の位置に形成しても構わない。

[0062] すなわち、いずれの目的であっても溝４０の位置は刻み線２を基準に定められる。式（１）、式（２）、式（３）でいうと、ｍをｍ×（２π／ｎ）＞Ｗｍ／２を満足する最小の整数＋１とした場合に当たる。

[0063] 上記のように、刻み線２を基準とした範囲に溝４０を設けた場合の効果について説明する。

[0064] Ｖ字型に配置される永久磁石３１は空隙２１に、周方向に沿って配置される永久磁石３２は空隙２２に、それぞれ埋め込まれている。そして、ロータ１が回転すると永久磁石３１、永久磁石３２には遠心力が作用する。したがって、ロータコア２０の、空隙２１及び空隙２２の外周側近傍は、遠心力に抗して永久磁石３１、永久磁石３２を保持し得る強度であることが要求される。

[0065] 一方、溝４０を設けた部分には応力が集中するので、溝４０と空隙２１、空隙２２との距離が近づくほど、溝４０を設けた位置でロータコア２０の遠心力に対する強度が低下してしまう。図１０に刻み線１を基準として上記式（１）の電気角度範囲に溝４０を設ける場合の例を破線Ｕ、破線Ｖで示す。具体的には、破線Ｕは刻み線１の位置を中心とした溝４０、破線Ｖは刻み線１からトルクリプル主成分の１／４周期分だけｄ軸側にずれた位置を中心とした溝４０である。これら破線Ｕ、破線Ｖの位置に溝４０を設けると、溝４０と空隙２２との間の部分で遠心力に対する強度の低下を引き起こし、空隙２２の位置いかんによっては遠心力に対する強度が不足し、遠心力を抑えるために電動機の回転速度を制限することが必要になる。

[0066] また、図１０に破線Ｗで示したように刻み線３の位置を中心とした溝４０、及び破線Ｘで示したように刻み線３からトルクリプル主成分の１／４周期分だけｄ軸側にずれた位置を中心とした溝４０について検討する。この場合は、溝４０と空隙２１との間で上記と同様に遠心力に対する強度の低下を引き起こすおそれがある。

[0067] これらに対して、本実施形態の刻み線２を基準とした電気角度範囲、つま

り実線Ｓ、実線Ｔで示した位置に溝４０を設ければ、溝４０は空隙２１及び空隙２２のいずれからも十分に距離が離れているため、上述したような電動機の回転速度に影響を与えるような遠心力に対する強度の低下を招くことはない。

[0068] 以上により本実施形態では、次の効果が得られる。

[0069] （４）複数の刻み線のうち、永久磁石３２のロータ外周側角３２ａとロータシャフト中心Ｏとを結ぶ線からｑ軸方向に２番目に近いものを基点とし、またはこの刻み線からｄ軸方向に電気角度で高調波成分の１／４周期分ずれた位置を基点として溝４０を設ける。これにより、溝４０と空隙２１、空隙２２との距離を確保することができるので、遠心力に対する強度の低下を招くことなく、鉄損等を低減できる。

[0070] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

[0071] 本願は２０１０年７月２７日に日本国特許庁に出願された特願２０１０－１６８０５０に基づく優先権を主張し、この出願の全ての内容は参照により本明細書に組み込まれる。

請求の範囲

［請求項1］ ロータシャフトと、

外周方向に開くＶ字型に配置された一対の第１永久磁石及び前記Ｖ字型の開いた部分に周方向と平行に配置された第２永久磁石で構成される一極が、交互に極性を変えて円周方向に複数配置されたロータコアと、

を備え、

前記ロータコア外周のｄ軸からｑ軸までを誘起電圧の高調波成分１周期分の電気角度間隔で刻んだ複数の刻み点と前記ロータシャフト中心とを結ぶ複数の刻み線のうち、前記第２永久磁石のロータ外周側角部と前記ロータシャフト中心とを結ぶ線とｑ軸との間にあるものを基点として、当該基点からｄ軸方向に電気角度で前記高調波成分の１／４周期分ずれた位置と、ｑ軸方向に電気角度で前記高調波成分の１／８周期分ずれた位置とで挟まれる範囲内に溝中心を有する溝を形成したことを特徴とする電動機用ロータ。

［請求項2］ ロータシャフトと、

外周方向に開くＶ字型に配置された一対の第１永久磁石及び前記Ｖ字型の開いた部分に周方向と平行に配置された第２永久磁石で構成される一極が、交互に極性を変えて円周方向に複数配置されたロータコアと、

を備え、

前記ロータコア外周のｄ軸からｑ軸までを誘起電圧の高調波成分１周期分の電気角度間隔で刻んだ複数の刻み点と前記ロータシャフト中心とを結ぶ複数の刻み線のうち、前記第２永久磁石のロータ外周側角部と前記ロータシャフト中心とを結ぶ線とｑ軸との間にあるものから、ｄ軸方向に電気角度で前記高調波成分の１／４周期分ずれた位置を基点として、当該基点からｄ軸方向に電気角度で前記高調波成分の１／４周期分ずれた位置と、ｑ軸方向に電気角度で前記高調波成分の１

／８周期分ずれた位置とで挟まれる範囲内に溝中心を有する溝を形成したことを特徴とする電動機用ロータ。

[請求項3] ロータシャフトと、

外周方向に開くＶ字型に配置された一対の第１永久磁石及び前記Ｖ字型の開いた部分に周方向と平行に配置された第２永久磁石で構成される一極が、交互に極性を変えて円周方向に複数配置されたロータコアと、

を備え、

前記ロータコア外周のｄ軸からｑ軸までを誘起電圧の高調波成分１周期分の電気角度間隔で刻んだ複数の刻み点と前記ロータシャフト中心とを結ぶ複数の刻み線のうち、前記第２永久磁石のロータ外周側角部と前記ロータシャフト中心とを結ぶ線とｑ軸との間にあるものから、ｄ軸方向に電気角度で前記高調波成分の１／４周期分ずれた位置を基点として、当該基点からｑ軸方向に電気角度で前記高調波成分の１／８周期分ずれた位置までの範囲内に溝中心を有する溝を形成したことを特徴とする電動機用ロータ。

[請求項4] 請求項１に記載の電動機用ロータにおいて、

誘起電圧の高調波成分の次数をｎ、前記ロータシャフト中心と前記第２永久磁石の２つのロータ外周側角部とを結ぶ直線のなす角度をＷｍ、ｍ×（２π／ｎ）＞Ｗｍ／２を満足する最小の整数からｎ／４の商までの整数をｍ、としたときに、前記溝中心を設ける範囲が、ｍ×（２π／ｎ）－（２π／ｎ）／４からｍ×（２π／ｎ）＋（２π／ｎ）／８で表される電動機用ロータ。

[請求項5] 請求項２に記載の電動機用ロータにおいて、

誘起電圧の高調波成分の次数をｎ、前記ロータシャフト中心と前記第２永久磁石の２つのロータ外周側角部とを結ぶ直線のなす角度をＷｍ、ｍ×（２π／ｎ）＞Ｗｍ／２を満足する最小の整数からｎ／４の商までの整数をｍ、としたときに、前記溝中心を設ける範囲が、（ｍ

－１／４）×（２π／ｎ）－（２π／ｎ）／４から（ｍ－１／４）×（２π／ｎ）＋（２π／ｎ）／８で表される電動機用ロータ。

［請求項6］ 請求項３に記載の電動機用ロータにおいて、

誘起電圧の高調波成分の次数をｎ、前記ロータシャフト中心と前記第２永久磁石の２つのロータ外周側角部とを結ぶ直線のなす角度をＷｍ、ｍ×（２π／ｎ）＞Ｗｍ／２を満足する最小の整数からｎ／４の商までの整数をｍ、としたときに、前記溝中心を設ける範囲が、（ｍ－１／４）×（２π／ｎ）から（ｍ－１／４）×（２π／ｎ）＋（２π／ｎ）／８で表される電動機用ロータ。

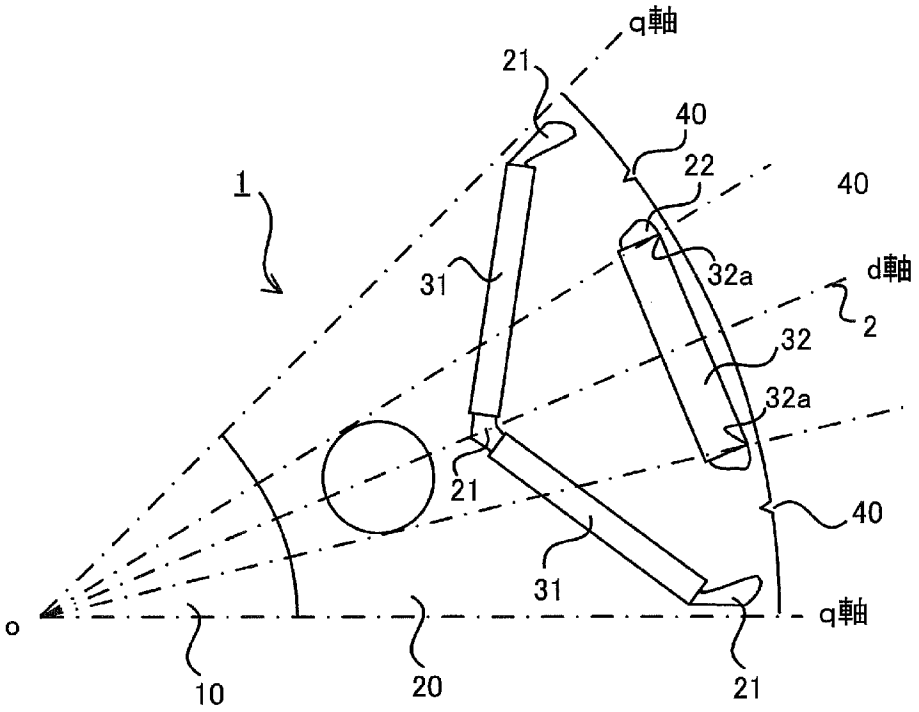
［請求項7］ 請求項１または請求項４に記載の電動機用ロータにおいて、

前記複数の刻み線のうち、前記第２永久磁石のロータ外周側角と前記ロータシャフト中心とを結ぶ線からｑ軸方向に２番目に近いものを基点とする電動機用ロータ。

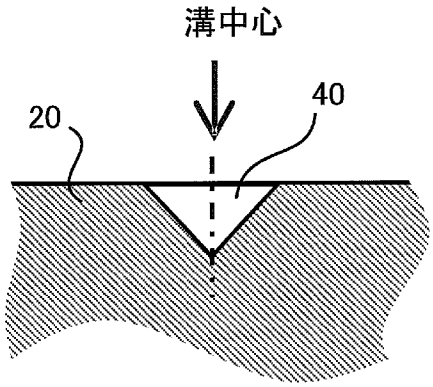
［請求項8］ 請求項２、請求項３、請求項５、または請求項６に記載の電動機用ロータにおいて、

前記複数の刻み線のうち、前記第２永久磁石のロータ外周側角と前記ロータシャフト中心とを結ぶ線からｑ軸方向に２番目に近いものから、ｄ軸方向に電気角度で前記高調波成分の１／４周期分ずれた位置を基点とする電動機用ロータ。

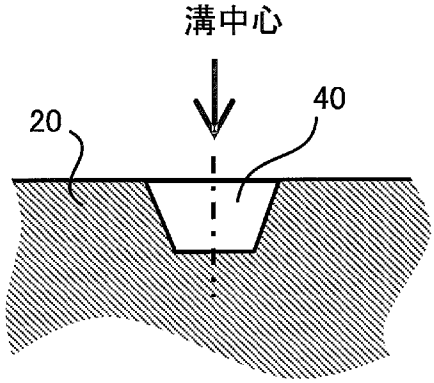
[図1]



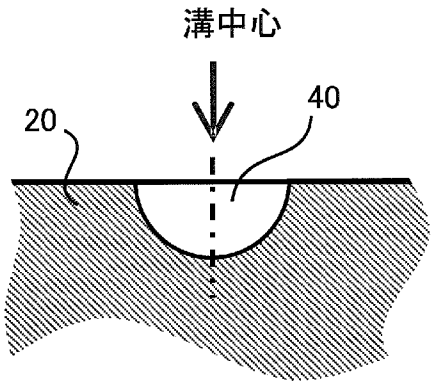
[図2]



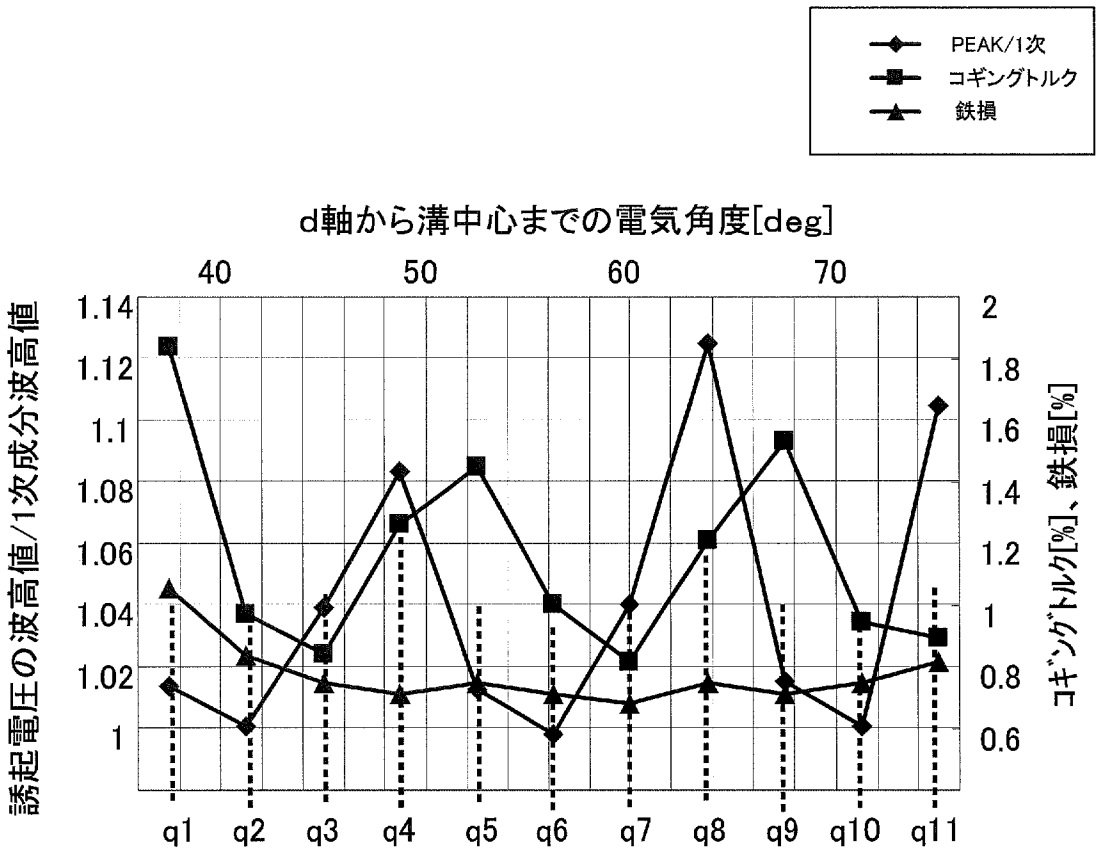
[図3]



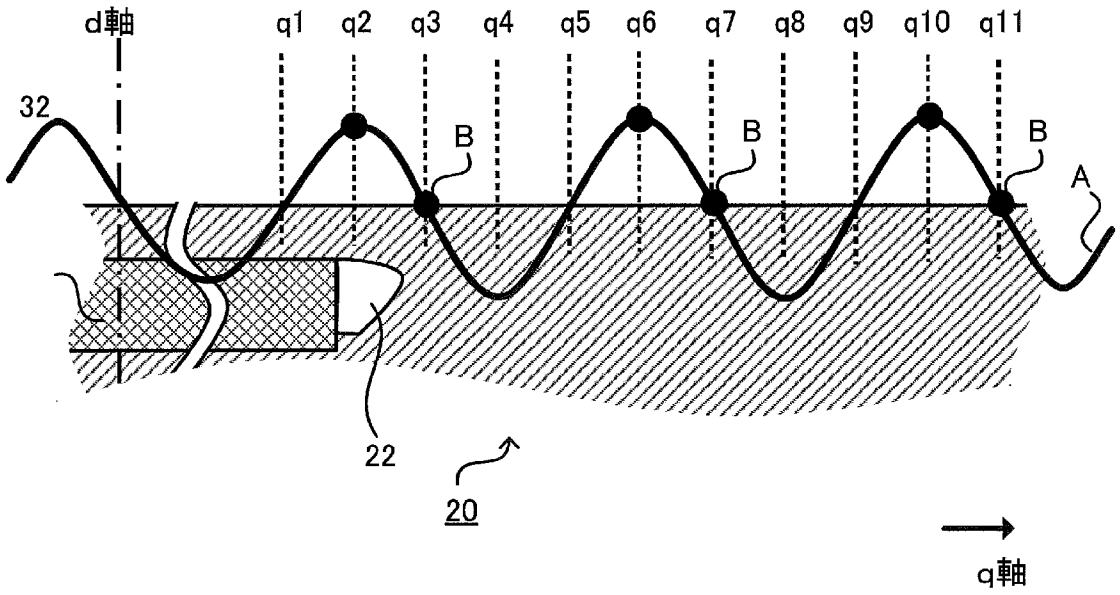
[図4]



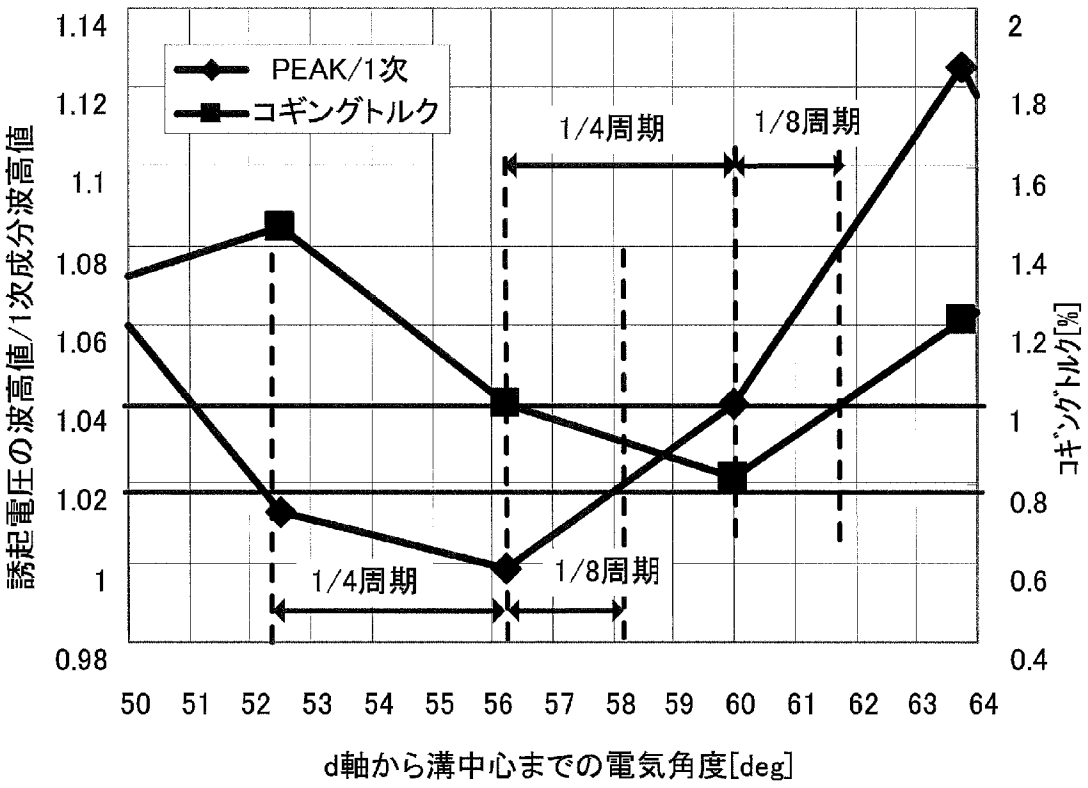
[図5A]


PEAK/1次
コギングトルク
鉄損
d軸から溝中心までの電気角度[deg]
40
50
60
70
誘起電圧の波高値/1次成分波高値
1.14
1.12
1.1
1.08
1.06
1.04
1.02
1
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
コギングトルク[%]、鉄損[%]
q1
q2
q3
q4
q5
q6
q7
q8
q9
q10
q11

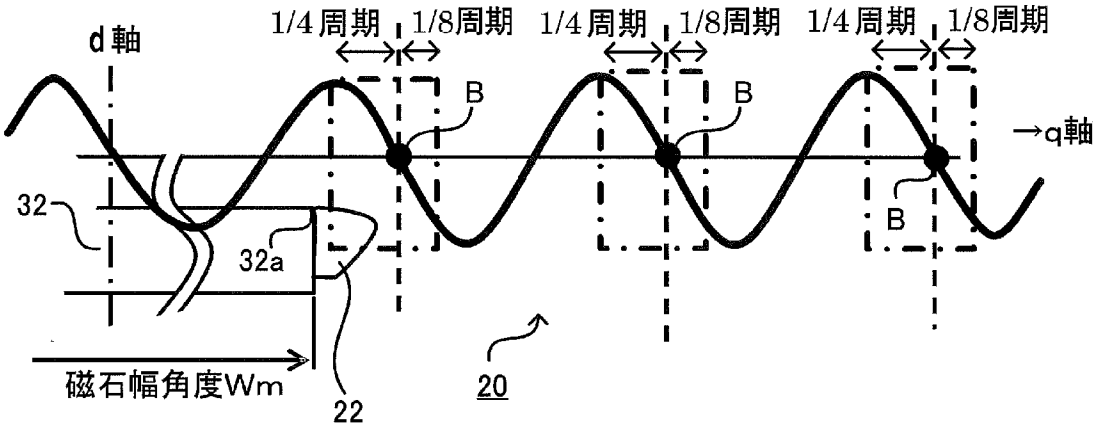
[図5B]


d軸
q1
q2
q3
q4
q5
q6
q7
q8
q9
q10
q11
32
B
B
B
A
22
20
q軸

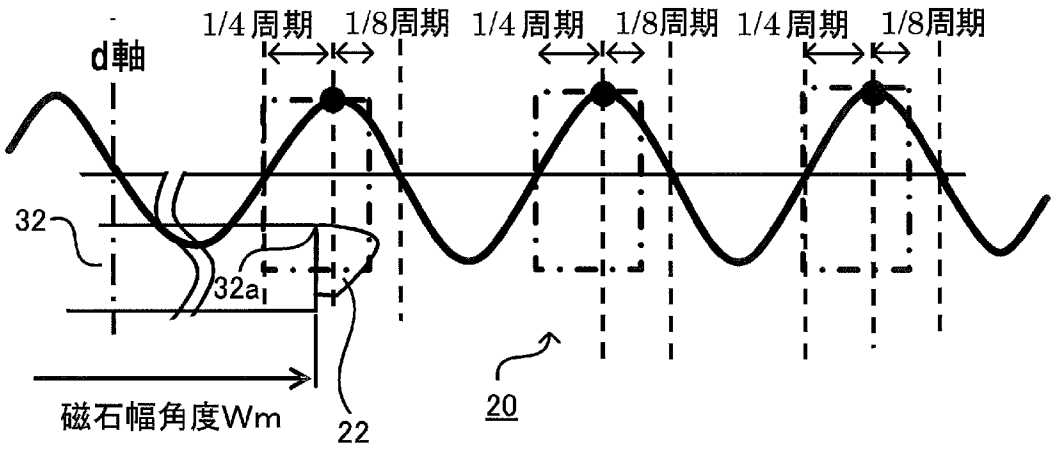
[図6]


PEAK/1次
コギングトルク
1/4周期
1/8周期
1/4周期
1/8周期
誘起電圧の波高値/1次成分波高値
コギングトルク[%]
d軸から溝中心までの電気角度[deg]
1.14
1.12
1.1
1.08
1.06
1.04
1.02
1
0.98
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64

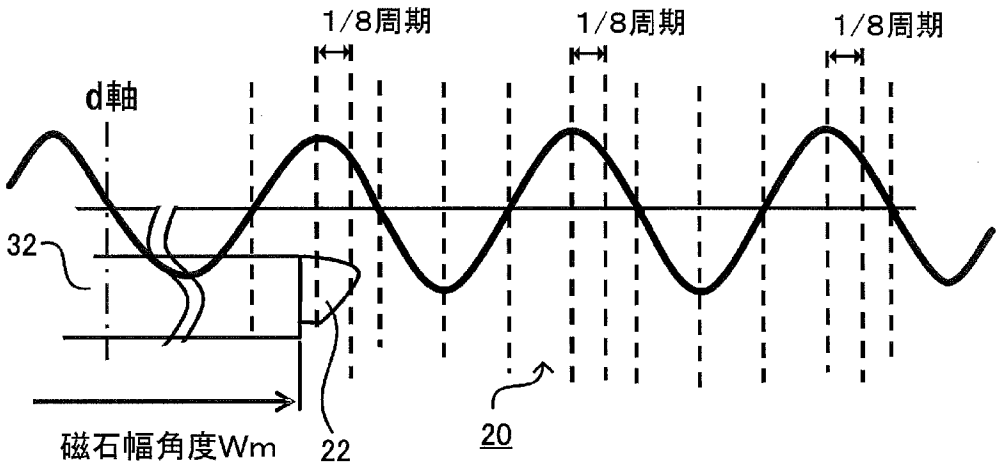
[図7]



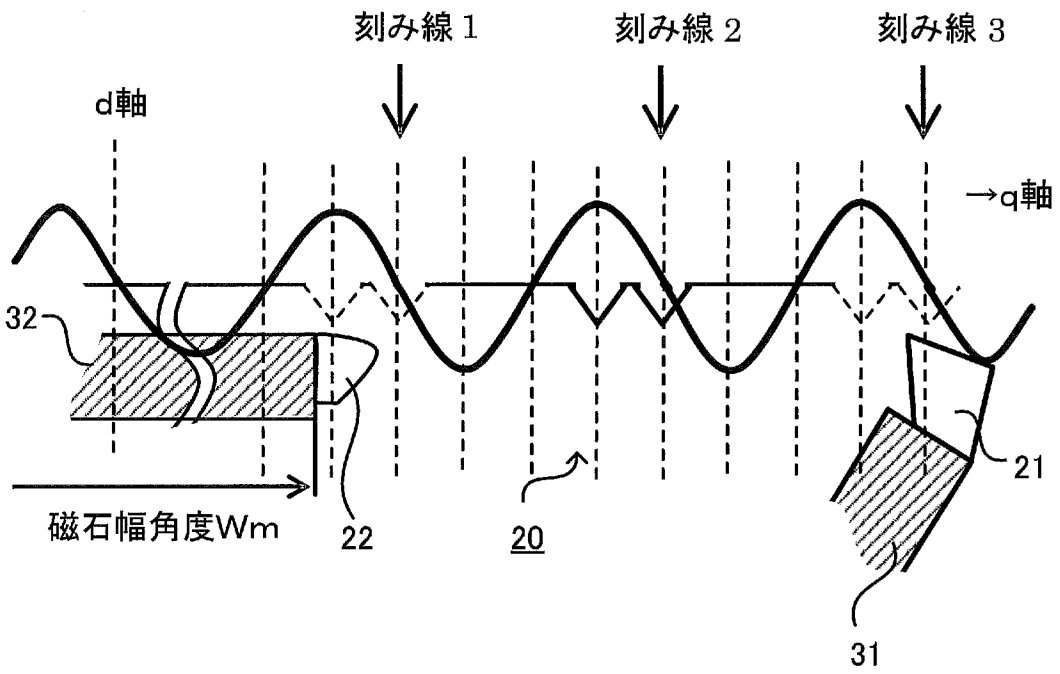
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/066373

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02K1/27(2006.01)i, *H02K1/22*(2006.01)i, *H02K21/14*(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)
H02K1/27, H02K1/22, H02K21/14

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
Y	WO 2008/150035 A1 (Toyota Motor Corp.), 11 December 2008 (11.12.2008), fig. 1 & JP 2008-306849 A	1-8
Y	JP 2004-328956 A (Toyota Motor Corp.), 18 November 2004 (18.11.2004), entire text (Family: none)	1-8
Y	JP 2008-206308 A (Toyota Industries Corp.), 04 September 2008 (04.09.2008), entire text (Family: none)	1-8

☒ 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	Date of mailing of the international search report
13 October, 2011 (13.10.11)	25 October, 2011 (25.10.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/066373

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-314152 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 16 November 2006 (16.11.2006), fig. 1 (Family: none)	1-8
A	JP 2006-14457 A (Fanuc Ltd.), 12 January 2006 (12.01.2006), fig. 6 & US 2006/0017345 A1 & EP 1610444 A1	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０６６３７３

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, H02K1/22(2006.01)i, H02K21/14(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, H02K1/22, H02K21/14

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	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１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
１－８	WO 2008/150035 A1（トヨタ自動車株式会社）2008.12.11, 図１ & JP 2008-306849 A	Y
１－８	JP 2004-328956 A（トヨタ自動車株式会社）2004.11.18, 全文（ファミリーなし）	Y
１－８	JP 2008-206308 A（株式会社豊田自動織機）2008.09.04, 全文（ファミリーなし）	Y

☑　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	国際調査報告の発送日
１３．１０．２０１１	２５．１０．２０１１

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｖ　４０１７
當間　庸裕
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５８

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
１－８	JP 2006-314152 A（日産自動車株式会社）2006.11.16, 図１（ファミリーなし）	Ａ
１－８	JP 2006-14457 A（ファナック株式会社）2006.01.12, 図６ & US 2006/0017345 A1 & EP 1610444 A1	Ａ