

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7700380号
(P7700380)

(45)発行日 令和7年6月30日(2025.6.30)

(24)登録日 令和7年6月20日(2025.6.20)

(51)国際特許分類 F I
H 0 2 K 1/276(2022.01) H 0 2 K 1/276

請求項の数 10 (全11頁)

(21)出願番号	特願2024-529756(P2024-529756)	(73)特許権者	524045297 寧波恒帥股 ぶん 有限公司 NINGBO HENGSHUAI CO . , LTD . 中国浙江省寧波市江北工業区通寧路39 9号 No. 399 Tongning Ro ad, Jiangbei Indust rial Zone, Ningbo, Zhejiang 315032, Ch ina
(86)(22)出願日	令和4年9月7日(2022.9.7)	(74)代理人	110002262 TRY国際弁理士法人
(65)公表番号	特表2024-538407(P2024-538407 A)	(72)発明者	周 建民 中国浙江省寧波市江北工業区通寧路39 最終頁に続く
(43)公表日	令和6年10月18日(2024.10.18)		
(86)国際出願番号	PCT/CN2022/117669		
(87)国際公開番号	WO2023/116057		
(87)国際公開日	令和5年6月29日(2023.6.29)		
審査請求日	令和6年5月20日(2024.5.20)		
(31)優先権主張番号	202111597968.3		
(32)優先日	令和3年12月24日(2021.12.24)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	中国(CN)		

(54)【発明の名称】 コギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

コギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータであって、ステータ部品、永久磁石及びロータ部品を含み、前記ロータ部品がステータ部品の中心に取り付けられ、ロータ部品の外周面とステータ部品の内弧面とによってエアギャップが形成されている永久磁石モータにおいて、前記永久磁石の断面は、等脚台形をなし、永久磁石が前記ロータ部品内に固定されるとともに永久磁石の中心線がロータ部品の半径線と一致し、前記永久磁石の磁力線の経路は、永久磁石の中心線を基準として中心線の両側に向かって対称に分布するとともに、永久磁石の台形左側面及び台形右側面とはそれぞれ90°の夾角を形成し、永久磁石の台形左側面及び台形右側面は、それぞれ永久磁石の中心線とは夾角を形成している、ことを特徴とするコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータ。

10

【請求項2】

前記永久磁石の台形左側面及び台形右側面と永久磁石の中心線とにより形成される夾角は、10°～45°である、ことを特徴とする請求項1に記載のコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータ。

【請求項3】

前記永久磁石の台形左側面及び台形右側面と永久磁石の中心線とにより形成される夾角は、18°である、ことを特徴とする請求項2に記載のコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータ。

【請求項4】

20

前記永久磁石は、前記ロータ部品の台形スロット内に固定されている、ことを特徴とする請求項 1 に記載のコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータ。

【請求項 5】

前記永久磁石の台形左側面及び台形右側面は、それぞれロータ部品の台形スロットの左側面及び右側面に密着固定されている、ことを特徴とする請求項 4 に記載のコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータ。

【請求項 6】

前記永久磁石の台形左側面及び台形右側面は、接着剤を介して、それぞれロータ部品の台形スロットの左側面及び右側面に貼り付けられている、ことを特徴とする請求項 5 に記載のコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータ。

10

【請求項 7】

前記ロータ部品の台形スロットの頂部及び底部には、頂部窓及び底部窓がそれぞれ設けられている、ことを特徴とする請求項 4 に記載のコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータ。

【請求項 8】

前記ロータ部品の台形スロットの頂部及び底部には、頂部窓及び底部窓がそれぞれ設けられている、ことを特徴とする請求項 1 に記載のコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータ。

【請求項 9】

前記永久磁石は、分割型構造であり、中心線に沿って分割され、永久磁石左部と永久磁石右部とによって構成されている、ことを特徴とする請求項 1 に記載のコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータ。

20

【請求項 10】

前記永久磁石は、N極永久磁石及びS極永久磁石とされ、N極永久磁石とS極永久磁石とがロータ部品内に交互に固定されている、ことを特徴とする請求項 1 に記載のコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、永久磁石モータに関し、特に、コギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータに関する。

30

【背景技術】

【0002】

図 1 ~ 図 3 に示すように、従来の永久磁石モータは、一般にステータ部品、永久磁石及びロータ部品を含み、それに使用される永久磁石の断面は、基本的に矩形構造であり、永久磁石は、N極永久磁石及びS極永久磁石とされ、N極永久磁石とS極永久磁石とがロータ部品内に交互に固定され、永久磁石モータには、大きなコギングトルク脈動が存在し、当該コギングトルク脈動により、永久磁石モータは、振動及び騒音が発生し、回転速度が変動するため、永久磁石モータが滑らかに運転できなくなり、永久磁石モータの性能に影響を及ぼしてしまう。特に、可変速駆動においては、コギングトルク脈動の周波数がステータ又はロータの機械共振周波数と一致する場合、コギングトルクによって発生する振動及び騒音が更に増幅されることになる。同様に、コギングトルク脈動の存在により、速度制御システムにおける永久磁石モータの低速性能及び位置制御システムにおける永久磁石モータの高精度位置決めも影響されてしまう。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明が解決しようとする課題は、従来技術の上述した欠点に鑑みて、より小さなコギングトルク脈動及び振動騒音を有し、コギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータを提供することにある。

50

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明が上記課題を解決するために採用する技術手段としては、コギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータであって、ステータ部品、永久磁石及びロータ部品を含み、前記ロータ部品がステータ部品の中心に取り付けられ、ロータ部品の外周面とステータ部品の内弧面とによってエアギャップが形成されている永久磁石モータにおいて、前記永久磁石の断面は、等脚台形をなし、永久磁石が前記ロータ部品内に固定されるとともに永久磁石の中心線がロータ部品の半径線と一致し、前記永久磁石の磁力線の経路は、永久磁石の中心線を基準として中心線の両側に向かって対称に分布するとともに、永久磁石の台形左側面及び台形右側面とはそれぞれ90°の夾角を形成し、永久磁石の台形左側面及び台形右側面は、それぞれ永久磁石の中心線とは夾角を形成している、ことを特徴とするコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータである。

10

【0005】

好ましくは、前記夾角は、5～20°であり、最も好ましくは、8°である。

【0006】

好ましくは、前記永久磁石は、前記ロータ部品の台形スロット内に固定されている。

【0007】

好ましくは、前記ロータ部品の台形スロットの頂部及び底部には、磁気遮断の役割を果たし、磁束漏れを減少させるために、頂部窓及び底部窓がそれぞれ設けられている。

【0008】

好ましくは、前記永久磁石の台形左側面及び台形右側面は、それぞれロータ部品の台形スロットの左側面及び右側面に密着固定されている。

20

【0009】

好ましくは、前記永久磁石の台形左側面及び台形右側面は、接着剤を介して、それぞれロータ部品の台形スロットの左側面及び右側面に貼り付けられている。

【0010】

好ましくは、前記永久磁石は、分割型構造であり、中心線に沿って分割され、永久磁石左部と永久磁石右部とによって構成されている。こうすれば、製造が容易になる。

【0011】

より具体的に、前記永久磁石は、N極永久磁石及びS極永久磁石とされ、N極永久磁石とS極永久磁石とがロータ部品内に交互に固定されている。

30

【発明の効果】

【0012】

従来技術に比べて、本発明の利点は、以下の通りである。永久磁石の形状を変更することで、磁力線の経路は、永久磁石の中心線を基準として中心線の両側に向かって対称に分布するとともに、永久磁石の台形左側面及び台形右側面とはそれぞれ90°の夾角を形成し、永久磁石の台形左側面及び台形右側面は、永久磁石の中心線とは夾角を形成するようになるため、永久磁石モータのコギングトルク脈動を軽減し、コギングトルク脈動による振動及び騒音を低減し、回転速度の変動を軽減し、永久磁石モータの運転を滑らかにし、速度制御システムにおける永久磁石モータの低速性能及び位置制御システムにおける永久磁石モータの高精度位置決めを向上させることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】従来の永久磁石モータの断面図である。

【図2a】従来の永久磁石モータの永久磁石の着磁方向の模式図である。

【図2b】従来の永久磁石モータの永久磁石の着磁方向の模式図である。

【図3】従来の永久磁石モータの磁力線の分布図である。

【図4】本発明の実施例1に係るコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータの断面模式図である。

【図5a】発明の実施例1における永久磁石の磁力線及び着磁方向の模式図である。

50

【図 5 b】発明の実施例 1 における永久磁石の磁力線及び着磁方向の模式図である。

【図 6】本発明の実施例 1 に係るコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータの磁力線の分布図である。

【図 7】本発明の実施例 2 に係るコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータの断面模式図である。

【図 8 a】本発明の実施例 2 における永久磁石の磁力線及び着磁方向の模式図である。

【図 8 b】本発明の実施例 2 における永久磁石の磁力線及び着磁方向の模式図である。

【図 9】本発明の実施例 2 に係るコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータの磁力線の分布図である。

【図 10】従来の永久磁石モータのコギングトルク脈動の波形曲線図である。 10

【図 11】本発明の実施例 1 におけるコギングトルク脈動の波形曲線図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面及び実施例と併せて、本発明を更に記述する。

【0015】

実施例 1

図 4、図 5 に示すように、コギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータは、ステータ部品 10、N 極永久磁石 20、S 極永久磁石 30 及びロータ部品 40 を含む。

【0016】

前記ロータ部品 40 は、ステータ部品 10 の中心に取り付けられ、ロータ部品に設けられた外周面 405 と、ステータ部品に設けられた内弧面 101 とによってエアギャップが形成されている。 20

【0017】

前記 N 極永久磁石 20 は、断面が等脚台形であり、その左側面 201 及び右側面 202 は、それぞれ、ロータ部品に設けられた台形スロットの左側面及び台形スロットの右側面に密着して固定されており、接着剤を使用して密着させれば、N 極永久磁石は、より強固にロータ部品の台形スロット内に固定されるようになる。

【0018】

上記 N 極永久磁石 20 が前記ロータ部品の台形スロット内に固定されるとともに、N 極永久磁石の中心線 C がロータ部品の半径線 R と一致している。 30

【0019】

上記 N 極永久磁石の磁力線 W の経路は、N 極永久磁石の中心線 C を基準として中心線 C の両側に向かって対称に分布するとともに、N 極永久磁石の台形左側面及び台形右側面とはそれぞれ 90° の夾角を形成しており、磁力線 W の経路の方向は、着磁方向によって決定される。

【0020】

上記 N 極永久磁石の台形左側面 201 及び台形右側面 202 のそれぞれと、永久磁石の中心線 C との夾角は、L であり、本実施例における夾角 L は、8° である。

【0021】

同様に、前記 S 極永久磁石 30 は、磁力線 W の経路の方向、即ち着磁方向が N 極永久磁石とは逆になっていることを除いて、残りの構造が何れも N 極永久磁石とは同じであり、且つ同じ方式でロータ部品に固定されている。 40

【0022】

上記 S 極永久磁石の台形左側面 301 及び台形右側面 302 のそれぞれと、永久磁石の中心線 C との夾角は、L であり、本実施例における夾角 L は、8° である。

【0023】

図 6 に示すように、上述したコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータにおいては、前記 N 極永久磁石の磁力線 W は、台形左側面からロータ部品に入り、ロータ部品を通過してからエアギャップに流れ、エアギャップを通過してからステータ部品の内弧面に入り、更にステータ部品を通過してから内弧面に流れ、再びエアギャップを通過してから口 50

ータ部品に入り、N極永久磁石の台形右側面に戻り、完全な磁力線ループの分布を形成している。

【0024】

同様に、前記S極永久磁石は、磁力線がS極永久磁石の台形右側面からロータ部品に入り、最後にS極永久磁石の台形左側面に戻る点で、N極永久磁石の磁力線ループの分布とは異なっていることを除いて、残りの磁力線の分布は、何れもN極永久磁石とは同じになっている。

【0025】

図10、図11に示すように、従来の永久磁石モータにおいては、前記永久磁石の断面は矩形であり、モータのコギングトルク脈動の波形における最大ピーク値 $T_{max} = 2.954 \text{ N}\cdot\text{m}$ であるのに対して、実施例1に係るコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータにおいては、永久磁石の台形左側面及び台形右側面のそれぞれと、永久磁石の中心線Cとの夾角は 8° であり、モータのコギングトルク脈動の波形における最大ピーク値 $T_{max} = 0.545 \text{ N}\cdot\text{m}$ であり、コギングトルク脈動の低減率としては、コギングトルク脈動の低減率 $= (2.954 - 0.545) \div 2.954 \times 100\% = 81.55\%$ となり、永久磁石モータのコギングトルク脈動の軽減が実現され、コギングトルク脈動による振動及び騒音が低減され、回転速度の変動が軽減され、モータの運転が滑らかになり、速度制御システムにおけるモータの低速性能及び位置制御システムにおけるモータの高精度位置決めが向上され、使用要件が満たされる。

10

【0026】

本発明はまた、永久磁石の台形左側面及び台形右側面のそれぞれと永久磁石の中心線Cとの夾角Lを検討しており、本実施例におけるモータコギングトルク脈動の時間的変化図については、図11を参照されたく、夾角Lの変化とモータコギングトルク脈動との間の関係については、表1を参照されたく、表1から分かるように、夾角は、 $5 \sim 20^\circ$ であることが好ましく、 8° であることが最も好ましい。

20

【0027】

表1 永久磁石の台形左側面/右側面と中心線との夾角Lと、モータコギングトルク脈動との関係表

モータの基本情報		
1. モータのタイプ：20極12スロット永久磁石モータ、2. 筐体寸法：直径 $\phi 180 \text{ mm}$ × 長さ 135 mm 、3. ロータの外径： $\phi 129.8 \text{ mm}$ 、4. エアギャップ： 0.45 mm 、5. 界磁磁石の磁気性能： $B_r 800 \text{ mT}$ 、6. モータの打抜板の材料：珪素鋼板DW300-35、7. 筐体の材料：DW300-35。		
パラメータ指標 夾角L	モータコギングトルク脈動	コギングトルク脈動の低減率
0°	$2.954 \text{ N}\cdot\text{m}$	—
5°	$1.904 \text{ N}\cdot\text{m}$	35.55%
8°	$0.545 \text{ N}\cdot\text{m}$	81.55%
14°	$1.508 \text{ N}\cdot\text{m}$	48.95%
20°	$2.202 \text{ N}\cdot\text{m}$	25.46%

30

40

【0028】

実施例2

図7～図9に示すように、別のコギングトルク脈動を低減可能な永久磁石モータは、永久磁石が分割型であり、他の構造が実施例1の永久磁石モータとは全く同じになっている。

【0029】

より具体的に、前記永久磁石は、N極永久磁石と、S極永久磁石とに分けられ、前記N極永久磁石は、N極永久磁石左部20AとN極永久磁石右部20Bとによって構成され、前記S極永久磁石は、S極永久磁石左部30AとS極永久磁石右部30Bとによって構成

50

されている。

【0030】

図8aに示すように、上記分割型のN極永久磁石は、その中心線に沿って分割され、N極永久磁石左部とN極永久磁石右部とが接着されてなり、N極永久磁石左部の着磁方向は、中心線Cから台形左側面20A1に向かい、台形左側面20A1とは90°の夾角を成し、台形左側面20A1は、中心線Cとは夾角Lを形成し、N極永久磁石右部の着磁方向は、台形右側面20B1から中心線Cに向かい、台形右側面とは90°の夾角を成し、台形右側面は、中心線とは夾角Lを形成しており、このような構造によれば、N極永久磁石左部及びN極永久磁石右部への着磁は、より容易になる。

【0031】

同様に、上記分割型のS極永久磁石30は、その中心線に沿って分割され、S極永久磁石左部30AとS極永久磁石右部30Bとが接着されてなり、着磁方向が逆になっていることを除いて、残りの構造は、何れもN極永久磁石左部及びN極永久磁石右部とは全く同じになっている。

【0032】

図8bに示すように、上記分割型のS極永久磁石左部の着磁方向は、台形左側面30A1から中心線Cに向かい、台形左側面30A1とは90°の夾角を成し、台形左側面30A1は、中心線Cとは夾角Lを形成し、S極永久磁石右部の着磁方向は、中心線Cから台形右側面30B1に向かい、台形右側面30B1とは90°の夾角を成し、台形右側面は、中心線Cとは夾角Lを形成しており、このような構造によれば、N極永久磁石左部及びN極永久磁石右部への着磁は、より容易になる。

【0033】

上記永久磁石モータの磁力線の分布については、図9を参照されたく、実施例1とは全く同じになっている。

【0034】

上記永久磁石モータの性能は、実施例1とは同じになっている。

【0035】

説明すべきなのは、本実施例及び本出願書類で言及されている方向を指し示す左や右等の方位文字、及び当該方位文字を含む用語は、説明の便宜のためにのみ使用されており、記述の際に確定された特定の方位のみに関するものであり、本発明の内容及び保護範囲を制限するものにはならない。

10

20

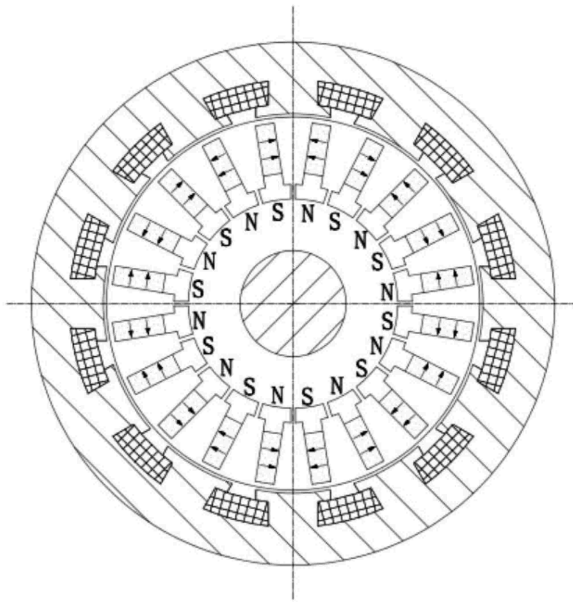
30

40

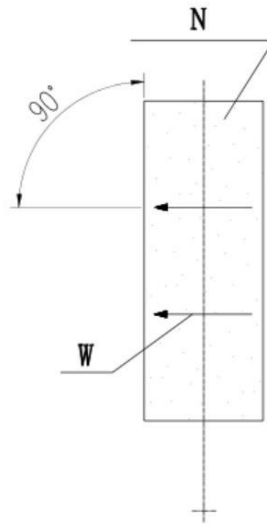
50

【図面】

【図 1】



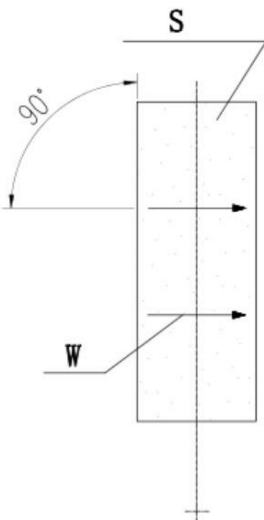
【図 2 a】



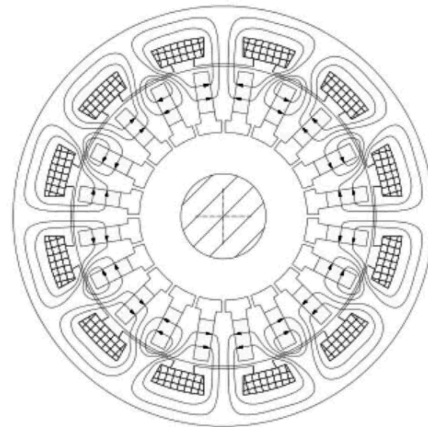
10

20

【図 2 b】



【図 3】

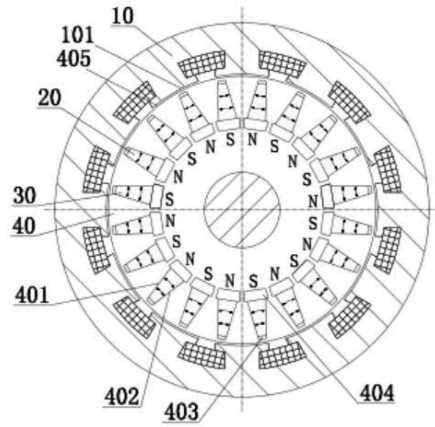


30

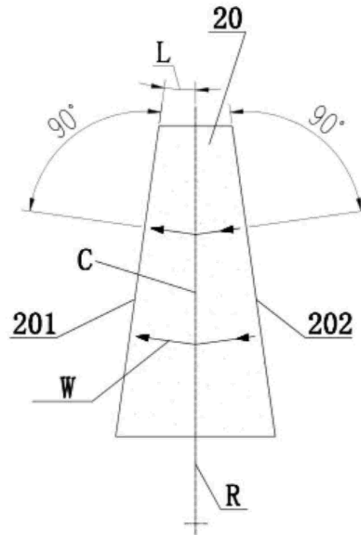
40

50

【図 4】

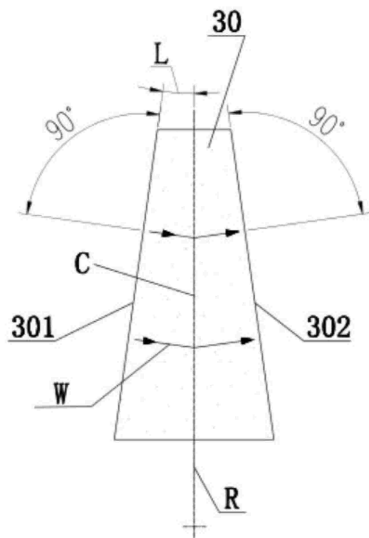


【図 5 a】

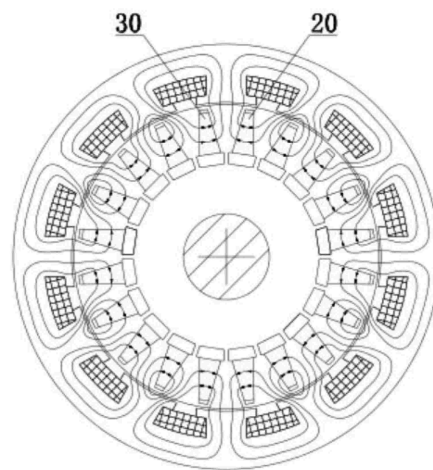


10

【図 5 b】



【図 6】



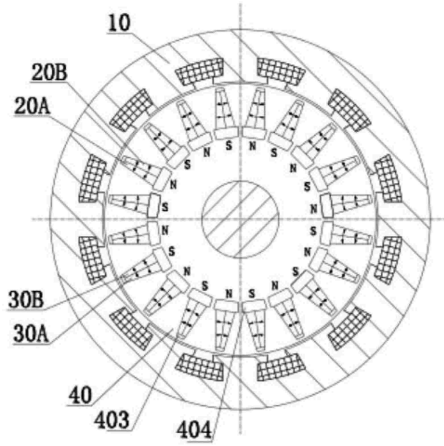
20

30

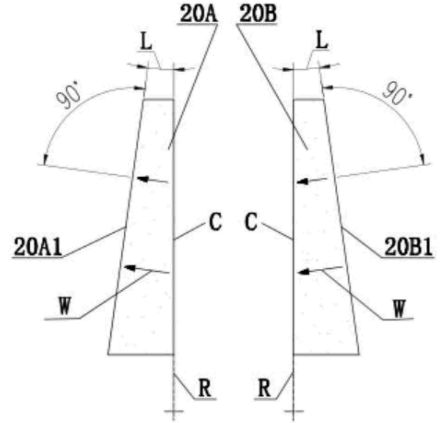
40

50

【図 7】

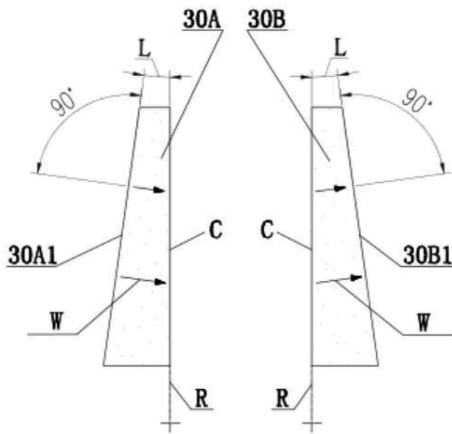


【図 8 a】

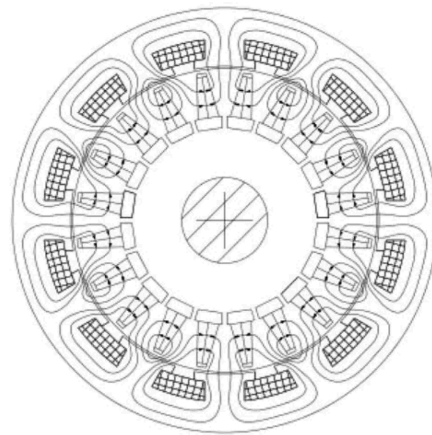


10

【図 8 b】



【図 9】



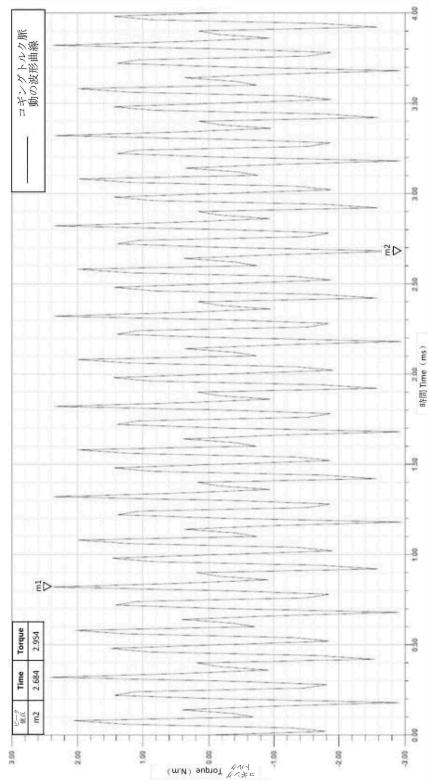
20

30

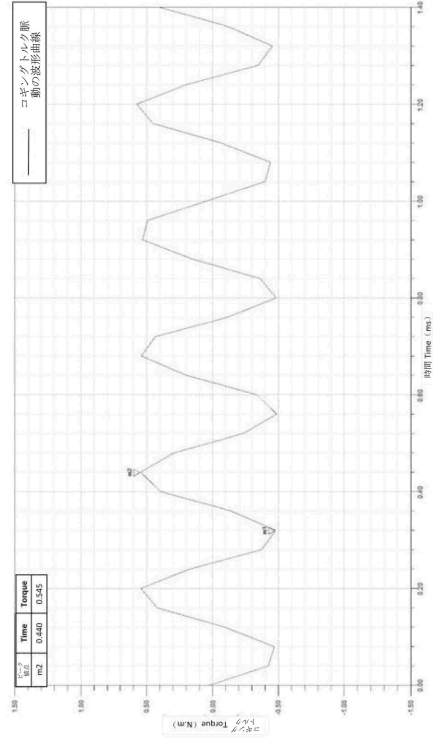
40

50

【 1 0 】



【 1 1 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 9号
- (72)発明者 許 恒帥
中国浙江省寧波市江北工業区通寧路399号
- (72)発明者 賀 海亮
中国浙江省寧波市江北工業区通寧路399号
- (72)発明者 劉 培海
中国浙江省寧波市江北工業区通寧路399号
- 審査官 谿花 正由輝
- (56)参考文献 特開2009-201300(JP,A)
特表2003-510998(JP,A)
特開2019-140894(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H02K 1/276