

(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
2023年8月3日(03.08.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/145014 A1

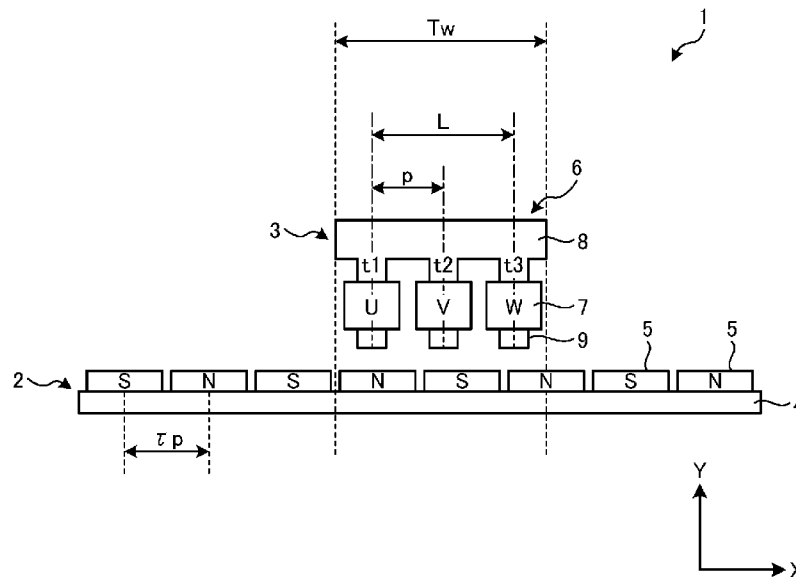
- (51) 国際特許分類:
H02K 41/03 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/003386
- (22) 国際出願日: 2022年1月28日(28.01.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: ア リ フ ザ イ ニ (ARIFF, Zaini); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). ▲高

▼村 優(TAKAMURA, Yu); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 高石 陽介(TAKAISHI, Yosuke); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 平野 慧大(HIRANO, Satohiro); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 榊原 功太郎(SAKAKIBARA, Kotaro); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 橋本 健太郎(HASHIMOTO, Kentaro); 〒1008310 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人:高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎

(54) Title: LINEAR MOTOR

(54) 発明の名称: リニアモータ



(57) **Abstract:** A linear motor (1) comprises: a field magnetic pole (2) having a plurality of permanent magnets (5), each of which is arranged at equal intervals; and an armature (3) that faces the field magnetic pole (2), and moves relative to the field magnetic pole (2), and has an armature core (6), which has a plurality of teeth (9), and a coil (7), which is wound around each of two or more teeth (9) among the plurality of teeth (9). In the combination of the number of teeth (9) of the armature core (6) and the number of magnetic poles facing the plurality of teeth (9) and arranged in the direction of

の門三井ビルディング 弁理士法人酒井
国際特許事務所 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, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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))

travel of the armature (3), the number of magnetic poles within the range of the width of the armature core (6) in the direction of travel is a non-integer.

(57) 要約: リニアモータ(1)は、各々が等間隔に配列された複数の永久磁石(5)を有する界磁磁極(2)と、複数のティース(9)を有する電機子コア(6)と、複数のティース(9)のうち2以上のティース(9)の各々に巻かれたコイル(7)とを有し、界磁磁極(2)に向かい合わせられて界磁磁極(2)に対して相対的に移動する電機子(3)と、を備える。電機子コア(6)が有するティース(9)の数と、複数のティース(9)と向かい合う磁極の数であって電機子(3)の進行方向に配列された磁極の数との組み合わせにおいて、進行方向における電機子コア(6)の幅の範囲内にある磁極の数は、非整数である。

明 細 書

発明の名称： リニアモータ

技術分野

[0001] 本開示は、複数の永久磁石を有するリニアモータに関する。

背景技術

[0002] 複数の永久磁石を有する界磁磁極と、界磁磁極に向かい合わせられて界磁磁極に対して直線方向へ移動する電機子とを備えるリニアモータが知られている。電機子は、複数のティースを有する電機子コアとティースに巻かれたコイルとを有し、コイルに電流が流れることで磁束を発生させる。磁束と永久磁石との位置関係に応じてコイルと永久磁石との間に吸引力と反発力とが生じることによって、すなわちコイルと永久磁石との相互作用によって、電機子を直線方向へ移動させる推力が発生する。

[0003] リニアモータは、電機子の移動に伴って推力が脈動するコギング推力を生じることがある。コギング推力の要因の1つとしては、電機子コアのうち電機子の進行方向における端部と界磁磁極との間に生じる吸引力が、電機子コアの端部と永久磁石との位置関係に起因して周期的に変化することが挙げられる。

[0004] 特許文献1には、電機子コアの両端部に位置する各ティースを、ティースの先端部の一部が斜めに切断された形状とすることによって、コギング推力の低減を図ることとしたリニアモータが開示されている。特許文献1によると、電機子コアの両端部に位置する各ティースの先端部の幅が、電機子コアが有する他のティースの先端部の幅よりも短いことによって、電機子コアの両端部の各々に発生する吸引力の位相が互いに相殺される。これにより、電機子全体のコギング推力の低減が可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2003-299342号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上記特許文献 1 の技術では、電機子コアの両端部に位置する各ティースが、先端部の一部が斜めに切断された形状であることによって、先端部を切断しないままの形状である場合に比べて、ティースのうち永久磁石と向かい合う面の面積が小さくなる。このため、電機子コアの両端部に位置する各ティースと永久磁石との間における磁気抵抗が増加し、リニアモータの推力密度が低下することとなる。そのため、上記特許文献 1 の技術によると、リニアモータを駆動するための推力を維持しながらコギング推力を低減させることが困難であるという問題があった。

[0007] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、リニアモータを駆動するための推力を維持しながらコギング推力を低減可能とするリニアモータを得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示にかかるリニアモータは、各々が等間隔に配列された複数の永久磁石を有する界磁磁極と、複数のティースを有する電機子コアと、複数のティースのうち 2 以上のティースの各々に巻かれたコイルとを有し、界磁磁極に向かい合わせられて界磁磁極に対して相対的に移動する電機子と、を備える。電機子コアが有するティースの数と、複数のティースと向かい合う磁極の数であって電機子の進行方向に配列された磁極の数との組み合わせにおいて、進行方向における電機子コアの幅の範囲内にある磁極の数は、非整数である。

発明の効果

[0009] 本開示にかかるリニアモータは、リニアモータを駆動するための推力を維持しながらコギング推力を低減できるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態 1 にかかるリニアモータの模式図

[図2]実施の形態1にかかるリニアモータの電機子コアを分割コアにより構成する第1の例を示す図

[図3]実施の形態1にかかるリニアモータの電機子コアを分割コアにより構成する第2の例を示す図

[図4]実施の形態1にかかるリニアモータの変形例を示す模式図

[図5]実施の形態1にかかるリニアモータにおけるコギング推力の低減効果について説明するための第1の図

[図6]実施の形態1にかかるリニアモータにおけるコギング推力の低減効果について説明するための第2の図

[図7]実施の形態1にかかるリニアモータにおけるコギング推力の低減効果について説明するための第3の図

[図8]実施の形態1にかかるリニアモータにおけるコギング推力と基本組み合わせにおける磁極の数との関係の例を説明するための図

[図9]実施の形態1にかかるリニアモータにおける推力および推力リップルについて説明するための第1の図

[図10]実施の形態1にかかるリニアモータにおける推力および推力リップルについて説明するための第2の図

[図11]実施の形態1にかかるリニアモータにおけるターン数の調整について説明するための図

[図12]実施の形態2にかかるリニアモータの模式図

[図13]実施の形態2にかかるリニアモータにおけるコギング推力の低減効果について説明するための図

[図14]実施の形態3にかかるリニアモータの模式図

[図15]実施の形態3にかかるリニアモータにおけるコギング推力の低減効果について説明するための図

[図16]実施の形態3の変形例にかかるリニアモータの模式図

[図17]実施の形態4にかかるリニアモータの模式図

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、実施の形態にかかるリニアモータを図面に基づいて詳細に説明する。

[0012] 実施の形態 1.

図 1 は、実施の形態 1 にかかるリニアモータ 1 の模式図である。X 軸および Y 軸は、互いに垂直な 2 軸とする。以下の説明にて、X 軸の方向を X 方向、Y 軸の方向を Y 方向と称する。

[0013] リニアモータ 1 は、固定子である界磁磁極 2 と可動子である電機子 3 とを有する。X 方向は、界磁磁極 2 に対する電機子 3 の進行方向である。X 方向における電機子 3 の幅は、X 方向における界磁磁極 2 の幅よりも短い。電機子 3 は、界磁磁極 2 に向かい合わせられて配置される。界磁磁極 2 および電機子 3 は、Y 方向において、間隙を介して互いに向かい合う。電機子 3 は、界磁磁極 2 との相互作用による推力によって、界磁磁極 2 に対して相対的に移動する。

[0014] 界磁磁極 2 は、バックヨーク 4 と、バックヨーク 4 上において X 方向に配列された複数の永久磁石 5 とを有する。バックヨーク 4 は、磁性材料からなる。各永久磁石 5 は、X 方向において等間隔に配列されている。複数の永久磁石 5 は、X 方向において N 極と S 極とが交互に並ぶように配置される。すなわち、互いに異なる極性の磁極が X 方向において交互に配置される。

[0015] 電機子 3 は、電機子コア 6 と、複数のコイル 7 とを有する。電機子コア 6 は、X 方向へ延びるコアバック 8 と、X 方向に配列された複数のティース 9 とを有する。各ティース 9 は、磁性材料からなる。各ティース 9 は、コアバック 8 から界磁磁極 2 の方へ延びる。各ティース 9 は、コアバック 8 により互いに磁氣的に接続されている。各ティース 9 は、X 方向において等間隔に配置されている。X 方向において互いに隣り合うティース 9 同士の隙間は、スロットと称される。電機子 3 の各コイル 7 は、ティース 9 ごとに形成される集中巻きのコイルである。

[0016] リニアモータ 1 は、3 相交流電圧の印加によって駆動する 3 相モータである。図 1 に示す電機子 3 は、3 個のティース 9 を有する。電機子 3 において

、 1 個のティース 9 に 1 個のコイル 7 が巻かれている。実施の形態 1 では、便宜上、電機子 3 の各ティース 9 にティース番号を割り当てる。各ティース 9 には、図 1 において左から右へ向かって、それぞれティース番号である t_1 , t_2 , t_3 が割り当てられている。 t_1 のティース 9 には、U 相のコイル 7 が巻かれている。 t_2 のティース 9 には、V 相のコイル 7 が巻かれている。 t_3 のティース 9 には、W 相のコイル 7 が巻かれている。コイル 7 が巻かれたティース 9 の各々は、互いに同一の形状である。すなわち、図 1 に示す電機子 3 では、 t_1 , t_2 , t_3 の各ティース 9 は、互いに同一の形状である。

[0017] 電機子 3 が有する全てのコイル 7 の線径は同じである。すなわち、電機子 3 の全てのコイル 7 は、同一の径の導線により形成されている。これにより、互いに異なる径の導線によって相ごとのコイル 7 を形成する必要がある場合に比べて、電機子 3 の製造にかかる時間を短縮することができ、電機子 3 の生産性を向上させることができる。

[0018] 電機子 3 には、3 相交流電源から電圧が印加される。3 相交流電源の図示は省略する。電機子 3 は、各コイル 7 に電流が流れることによって磁束を発生させる。磁束と永久磁石 5 との位置関係に応じて各コイル 7 と永久磁石 5 との間に吸引力と反発力が生じることによって、電機子 3 を X 方向へ移動させる推力が発生する。リニアモータ 1 は、推力を発生させることによって電機子 3 を X 方向へ移動させる。

[0019] ここで、磁極の数とティース 9 の数との組み合わせについて説明する。当該組み合わせにおける磁極の数とは、X 方向における電機子コア 6 の幅 T_w の範囲内にある磁極の数とする。幅 T_w は、電機子コア 6 が有する複数のティース 9 の X 方向幅であって、ティース 9 のピッチ p にティース 9 の数を乗じたものとする。ピッチ p は、X 方向において互いに隣り合うティース 9 の中心線同士の距離である。ティース 9 の中心線は、X 方向におけるティース 9 の中心を表す。図 1 では、各ティース 9 の中心線を一点鎖線により表す。以下、磁極の数とティース 9 の数との組み合わせを、基本組み合わせと称す

る。基本組み合わせは、電機子コア 6 が有するティース 9 の数と、幅 T_w の範囲内にある磁極の数との組み合わせである。基本組み合わせは、電機子コア 6 が有するティース 9 の数と、複数のティース 9 と向かい合う磁極の数であって X 方向に配列された磁極の数との組み合わせともいえる。

[0020] リニアモータ 1 の基本組み合わせにおいて、ティース 9 の数と磁極の数とは互いに整数倍ではない。すなわち、ティース 9 の数は磁極の数の整数倍ではなく、かつ、磁極の数はティース 9 の数の整数倍ではない。また、リニアモータ 1 は、基本組み合わせにおいて、電機子コア 6 の幅 T_w の範囲内にある磁極の数が小数、すなわち非整数であるという特徴を有する。

[0021] 実施の形態 1 にかかるリニアモータ 1 では、基本組み合わせにおいて、ティース 9 の数が 3、かつ磁極の数が 2.5 である。以下、ティース 9 の数が 3、かつ磁極の数が 2.5 の基本組み合わせを、「2.5 極 3 ティース」と表す。

[0022] 次の式 (1) を計算した結果が非整数、すなわち小数である場合に、基本組み合わせにおいて、ティース 9 の数が整数であるのに対して磁極の数は小数であるという関係が成り立つ。リニアモータ 1 について、式 (1) を計算した結果は非整数となる。

$$\{L \times N_t / (N_t - 1)\} \div \tau_p \quad \cdots (1)$$

[0023] なお、 N_t は、電機子 3 が有する複数のティース 9 のうちコイル 7 が巻かれたティース 9 の数とする。 L は、コイル 7 が巻かれたティース 9 のうち X 方向における両端のティース 9 同士の距離とする。図 1 に示すリニアモータ 1 では、 L は、 t_1 のティース 9 の中心線と t_3 のティース 9 の中心線との距離である。 τ_p は、磁極のピッチとする。磁極のピッチは、互いに異なる極性の磁極であって X 方向において互いに隣り合う磁極の中心位置同士の距離である。図 1 に示す例では、 N_t は 3 である。また、例えば、 L は 32 [mm]、 τ_p は 19.2 [mm] とする。この場合、式 (1) を計算した結果は 2.5 であって、基本組み合わせにおいてティース 9 の数が整数であるのに対して磁極の数は小数であるという関係が成り立つ。

[0024] リニアモータ 1 は、基本組み合わせにおいてティース 9 の数が整数であるのに対して磁極の数が非整数であることによって、基本組み合わせにおいてティース 9 の数も磁極の数も整数である場合に比べて、コギング推力を低減できる。実施の形態 1 にかかるリニアモータ 1 の構成による作用効果については後述する。

[0025] 電機子コア 6 は、磁性材料からなる。図 1 に示す電機子コア 6 は、プレス加工等により一体物として製作される。電機子コア 6 は、プレス加工等により製作された複数の分割コアを組み合わせたものであっても良い。生産設備、リニアモータ 1 のサイズ、コイル 7 の仕様といった事情によって、一体物として電機子コア 6 を製作することが困難である場合に、複数の分割コアを製作し、複数の分割コアを組み合わせることによって、電機子コア 6 を製作することができる。

[0026] ここで、電機子コア 6 を分割コアにより構成する例について説明する。図 2 は、実施の形態 1 にかかるリニアモータ 1 の電機子コア 6 を分割コアにより構成する第 1 の例を示す図である。第 1 の例において、電機子コア 6 は、互いに同一形状の 3 個の部品 6 a を組み合わせたものである。各部品 6 a は、分割コアである。電機子コア 6 は、互いに隣り合うティース 9 間にてコアバック 8 を分割することにより、3 個の部品 6 a に分割される。各部品 6 a が互いに同一形状であるため、各部品 6 a は、同一のプレス金型を使用して製作可能である。

[0027] 図 3 は、実施の形態 1 にかかるリニアモータ 1 の電機子コア 6 を分割コアにより構成する第 2 の例を示す図である。第 2 の例では、コアバック 8 と 3 個のティース 9 との各々が分割コアとして製作される。電機子コア 6 は、コアバック 8 と 3 個のティース 9 とを組み合わせることによって製作される。各ティース 9 が同一形状であるため、各ティース 9 は、同一のプレス金型を使用して製作可能である。

[0028] 第 1 の例または第 2 の例のように、分割コアにより電機子コア 6 を構成することで、プレス金型の小型化が可能となり、生産設備に必要な費用を低減

できる。プレス金型の小型化によってプレス加工の容易化が可能となることから、分割コアにより電機子コア 6 を構成することは、電機子コア 6 の大量生産に適している。なお、電機子コア 6 または分割コアは、プレス加工以外の方法により製作されても良い。

[0029] 実施の形態 1 では、リニアモータ 1 は 3 相モータであって、3 個のティース 9 の各々に 1 相のコイル 7 を取り付けることとしたが、相数は 3 に限られないものとする。電機子 3 に設けられるコイル 7 の数と電機子コア 6 のティース 9 の数とは、相数に応じて適宜変更しても良い。リニアモータ 1 は、2 以上のティース 9 の各々に巻かれたコイル 7 を有するものであれば良い。

[0030] 電機子コア 6 は、複数のティース 9 とは別のティースである補助ティースをさらに有しても良い。図 4 は、実施の形態 1 にかかるリニアモータ 1 の変形例を示す模式図である。変形例にかかるリニアモータ 1 の電機子コア 6 は、2 個の補助ティース 9 a を有する。2 個の補助ティース 9 a のうちの一方は、電機子コア 6 のうち X 方向における一方の端部に設けられている。2 個の補助ティース 9 a のうちの他方は、電機子コア 6 のうち X 方向における他方の端部に設けられている。各補助ティース 9 a の形状は、各ティース 9 の形状とは異なる。各補助ティース 9 a には、コイル 7 は巻かれていない。

[0031] 本変形例のリニアモータ 1 は、図 1 に示す場合と同様に、2. 5 極 3 ティースの基本組み合わせを有する。リニアモータ 1 は、補助ティース 9 a が追加されることによって、コギングをさらに低減できる。なお、リニアモータ 1 に補助ティース 9 a を設けるか否かは任意であるものとする。

[0032] 図 1 に示す界磁磁極 2 には、Y 方向に着磁された永久磁石 5 のみを使用されている。界磁磁極 2 には、Y 方向に着磁された永久磁石 5 のみならず、X 方向に着磁された永久磁石 5、または X 方向および Y 方向の間の斜め方向に着磁された永久磁石 5 が使用されても良い。界磁磁極 2 は、X 方向または斜め方向に着磁された永久磁石 5 を有することにより、磁束を集中させたいわゆる磁束集中型構造とされても良く、またはハルバツハ配列構造とされても良い。界磁磁極 2 が磁束集中型構造またはハルバツハ配列構造とされること

によって、界磁磁極 2 の磁束密度を高めることができる。界磁磁極 2 の磁束密度を高めることによって、リニアモータ 1 の推力密度を高めることができる。なお、界磁磁極 2 を磁束集中型構造またはハルバッハ配列構造とするか否かは任意であるものとする。

[0033] リニアモータ 1 は、磁性材料からなるバックヨーク 4 が界磁磁極 2 に設けられることによって、界磁磁極 2 の磁束密度を高め、推力密度を高めることができる。なお、界磁磁極 2 にバックヨーク 4 を設けるか否かは任意であるものとする。

[0034] 次に、実施の形態 1 にかかるリニアモータ 1 の構成による作用効果について説明する。リニアモータ 1 では、電機子 3 の X 方向端部において、界磁磁極 2 との間の磁束の状態が不連続となる。界磁磁極 2 に対して電機子 3 が移動すると、永久磁石 5 と電機子 3 の端部との間に生じる吸引力が、永久磁石 5 と電機子 3 の端部との位置関係に起因して周期的に変化する。これにより、リニアモータ 1 には、電機子 3 を移動させる推力に脈動成分が加わることによるコギング推力が生じる。

[0035] リニアモータ 1 には、有限長さの電機子 3 が用いられており、界磁磁極 2 との間の磁束の状態が不連続となる端部が電機子 3 に存在することから、電機子 3 の端部に起因するコギング推力、いわゆる端効果によるコギング推力が生じる。一方、回転型のモータの場合、界磁磁極との間の磁束の状態が不連続となる端部が電機子には存在しないことから、端効果によるコギング推力は生じない。

[0036] 図 5 は、実施の形態 1 にかかるリニアモータ 1 におけるコギング推力の低減効果について説明するための第 1 の図である。図 6 は、実施の形態 1 にかかるリニアモータ 1 におけるコギング推力の低減効果について説明するための第 2 の図である。

[0037] 図 5 および図 6 には、実施の形態 1 にかかるリニアモータ 1 の代わりに、2 極 3 ティースの基本組み合わせを有するモータにおけるコギング推力のベクトル図を示す。2 極 3 ティースの基本組み合わせは、ティース 9 の数が 3

、かつ磁極の数が2の基本組み合わせである。かかるモータの3個のティース9にも、リニアモータ1の場合と同様に、 t_1 、 t_2 、 t_3 のティース番号を割り当てるものとする。なお、2極3ティースの基本組み合わせの場合、上記式(1)における N_t は3である。また、例えば、 L は32 [mm]、 τ_p は24 [mm]とする。この場合、式(1)を計算した結果は2であって、基本組み合わせにおいてティース9の数および磁極の数はいずれも整数である。

[0038] 図5には、端効果によるコギング推力が生じない場合、すなわち回転型のモータについてのベクトル図の例を示す。図6には、端効果によるコギング推力が生じる場合、すなわち比較例であるリニアモータについてのベクトル図の例を示す。図5および図6において、縦軸はベクトルの $\cos$ 成分、横軸はベクトルの $\sin$ 成分を表す。

[0039] 図5では、360度の電気角にて回転子を回転させた場合に3個のティース9の各々に発生するコギング推力の2次成分ベクトルを太線により表す。2次成分は、回転子の回転周波数である基本周波数の2倍の周波数成分である。各ティース9に発生するコギング推力には、2次成分と、2次よりも高次の成分とが含まれるが、ここでは、2次成分に着目するものとする。電気角360度とは、界磁磁極2がN極およびS極の一对の磁束密度分布を発生する区間と定義されている。N極およびS極の当該区間上を1つのティース9が通ったときに、ティース9がN極およびS極の各々から磁気吸引力を受けることによって、2回の推力脈動が発生する。このため、電気角360度の区間において、2回の脈動である2次成分が発生する。

[0040] 図5に示すように、各ティース9における2次成分ベクトルの振幅は同じであって、かつ、各ティース9における2次成分ベクトルは120度ずつの位相差で分布している。このため、各ティース9における2次成分ベクトルを合成することによる合成ベクトルは発生しない。このように、図5において説明する回転型のモータでは、各ティース9に発生するコギング推力が互いに釣り合うことによって、電機子全体におけるコギング推力が小さくなる

。

[0041] 図6には、図5における回転型のモータの動作をリニアモータに置き換えた場合に、3個のティース9の各々に発生するコギング推力の2次成分ベクトルを示す。図6でも、コギング推力の2次成分ベクトルを太線により表す。図6に示す各2次成分ベクトルの振幅および位相は、端効果によって、図5に示す場合と比べて変化する。このため、各ティース9における2次成分ベクトルを合成することによる合成ベクトルが発生する。図6における白抜き矢印は、合成ベクトルを表す。このように、図6において説明するリニアモータでは、各ティース9に発生するコギング推力のバランスが崩れることによって、電機子全体におけるコギング推力が大きくなる。

[0042] 実施の形態1にかかるリニアモータ1では、基本組み合わせにおいて、電機子コア6の幅 T_w の範囲内にある磁極の数を非整数とすることによって、各ティース9に発生するコギング推力の振幅および位相を、図6に示す状態から変化させる。リニアモータ1は、コギング推力のバランスを変化させることによって合成ベクトルを小さくさせることで、電機子3全体におけるコギング推力を低減させる。これにより、リニアモータ1は、基本組み合わせにおける磁極の数が整数である場合に比べて、コギング推力を低減させることができる。

[0043] 図7は、実施の形態1にかかるリニアモータ1におけるコギング推力の低減効果について説明するための第3の図である。図7には、実施の形態1にかかる2.5極3ティースのリニアモータ1におけるコギング推力の変化を表すグラフと、比較例である2極3ティースのリニアモータにおけるコギング推力の変化を表すグラフとを示す。図7において、2.5極3ティースの場合のグラフは実線により表す。2極3ティースの場合のグラフは破線により表す。図7において、縦軸は、2極3ティースの場合における振幅を基に規格化されたコギング推力を表す。図7において、横軸は電気角を表す。図7に示すコギング推力と電気角との関係は、磁界解析によって求めることができる。

[0044] 図7に示すように、2極3ティースの場合における波形には、360度の電気角範囲に2つの山と2つの谷とが存在している。すなわち、2極3ティースのリニアモータでは、コギング推力の2次成分が支配的であることが分かる。これに対し、2.5極3ティースの場合における波形は、360度の電気角範囲に4つの山と4つの谷とが存在している。2.5極3ティースの場合における波形では、2極3ティースの場合に支配的であったコギング推力の2次成分がほとんど消えている。その結果、2.5極3ティースのリニアモータ1では、2極3ティースの場合に比べて、コギング推力の全体がおよそ70%低減されている。このように、リニアモータ1は、比較例の場合に比べて、コギング推力を大幅に低減させることができる。

[0045] 図8は、実施の形態1にかかるリニアモータ1におけるコギング推力と基本組み合わせにおける磁極の数との関係の例を説明するための図である。図8には、基本組み合わせにおける磁極の数を変化させた場合における、コギング推力の振幅値と、基本組み合わせにおける磁極の数との関係を折れ線グラフにより表す。図8に示す関係では、基本組み合わせにおける磁極の数は2から2.9の範囲において変化させる一方、基本組み合わせにおけるティース9の数は3のままとする。図8において、縦軸は、コギング推力の振幅値を表す。縦軸により表す振幅値は、基本組み合わせにおける磁極の数が2である場合における振幅値を基に規格化された振幅値である。図8において、横軸は、基本組み合わせにおける磁極の数を表す。図8に示す振幅値と磁極の数との関係は、磁界解析によって求めることができる。

[0046] 図8において、磁極の数が2以外の値である場合に、磁極の数が2である場合よりも振幅が小さくなる。すなわち、図8によると、リニアモータ1は、磁極の数が2よりも大きくかつ2.9未満の非整数である場合に、磁極の数が2である場合よりもコギング推力を低減させることができる。このように、リニアモータ1は、基本組み合わせにおけるティース9の数を整数、かつ磁極の数を非整数とすることによって、基本組み合わせにおいてティース9の数も磁極の数も整数である場合に比べて、コギング推力を低減させるこ

とができる。

[0047] また、図8に示す例では、磁極の数が2.5である場合に振幅値が最小となる。すなわち、図8によると、リニアモータ1は、基本組み合わせにおける磁極の数を2.5とすることによって、コギング推力を最小とすることができる。なお、コギング推力を最小とするために最適な基本組み合わせは、ティース9の形状または大きさ、永久磁石5の形状または大きさなどといった、リニアモータ1における磁気構造の設計によって変わる。基本組み合わせにおけるティース9の数と磁極の数とは、リニアモータ1の構成によって適宜変更することができる。

[0048] 次に、リニアモータ1に生じ得る推力低下、および、リニアモータ1の通電時に発生し得る推力リップルの増加についての対策を説明する。図9は、実施の形態1にかかるリニアモータ1における推力および推力リップルについて説明するための第1の図である。図10は、実施の形態1にかかるリニアモータ1における推力および推力リップルについて説明するための第2の図である。

[0049] 図9には、基本組み合わせにおいてティース9の数と磁極の数とがいずれも整数である場合における相誘起電圧ベクトルと制御機器の電圧ベクトルとの例を示す。制御機器は、リニアモータ1を制御する機器とする。制御機器の電圧ベクトルは、リニアモータ1を駆動するための電圧のベクトルであって、リニアモータ1を駆動する3相電源から出力される電圧のベクトルとする。図9には、2極3ティースモータにおける相誘起電圧ベクトルと電圧ベクトルとを示す。図10には、基本組み合わせにおけるティース9の数を整数かつ磁極の数を非整数とした場合における相誘起電圧ベクトルと制御機器の電圧ベクトルとの例を示す。図10には、2.5極3ティースモータにおける相誘起電圧ベクトルと電圧ベクトルとを示す。図9および図10において、U、V、Wの各矢印は、制御機器のU、V、Wの各相の電圧ベクトルを示す。U相、V相、W相の各太線は、U、V、Wの各相の相誘起電圧ベクトルを示す。

[0050] 一般に、集中巻きモータであるリニアモータでは、コイル7のターン数はリニアモータの全てのコイル7において同じである。図9および図10に示す例では、各コイル7のターン数がいずれも同じであるものとする。図9に示すように、基本組み合わせにおいてティース9の数と磁極の数とがいずれも整数であって、かつ各コイル7のターン数がいずれも同じである場合、相誘起電圧ベクトルと電圧ベクトルとは一致する。この場合、各相の電流の振幅は同じとなる。

[0051] これに対し、図10に示すように、基本組み合わせにおけるティース9の数が整数かつ磁極の数が非整数であって、かつ各コイル7のターン数がいずれも同じである場合、図9に示す場合と比較して相誘起電圧ベクトルの位相が変化する。このため、図10に示す例では、相誘起電圧ベクトルの位相が電圧ベクトルの位相とは一致しなくなる。相誘起電圧ベクトルの位相が電圧ベクトルの位相とは一致しないことで、電圧ベクトルの位相への相誘起電圧ベクトルの投影成分の振幅は、相ごとに異なることとなる。この場合、各相の電流の振幅に差が生じることで、推力の低下、および通電時における推力リップルの増加が生じ得る。

[0052] 実施の形態1にかかるリニアモータ1は、推力の低下および推力リップルの増加への対策として、各相のコイル7のターン数を調整しても良い。各相のコイル7のターン数は、リニアモータ1を駆動するための電圧の位相、すなわち電圧ベクトルの位相への相誘起電圧ベクトルの投影成分の振幅が各相について同じとなるように調整される。

[0053] 図11は、実施の形態1にかかるリニアモータ1におけるターン数の調整について説明するための図である。図11には、ターン数の調整前とターン数の調整後との各々について、U相、V相およびW相の各コイル7のターン数と、U相、V相およびW相の各駆動軸成分の振幅との例を表す。駆動軸成分は、電圧ベクトルの位相へ相誘起電圧ベクトルを投影した場合における相誘起電圧ベクトルの投影成分とする。図11におけるターン数の値は、各コイル7のターン数の合計を基に規格化された値であって、小数点以下3桁ま

での値により表す。駆動軸成分の振幅を表す値は、U相、V相およびW相の各々について相誘起電圧ベクトルの位相が電圧ベクトルの位相に一致する場合における振幅の合計を基に規格化された値であって、小数点以下3桁までの値により表す。図11に示す各値は、2.5極3ティースモータであるリニアモータ1についての値とする。

[0054] ターン数の調整前において、U相、V相およびW相の各々のターン数は互いに等しく、いずれも0.333である。図10に示すように、2.5極3ティースモータでは、U相の相誘起電圧ベクトルは、U相の電圧ベクトルからW相の電圧ベクトルの方へ寄せられる。また、W相の相誘起電圧ベクトルは、W相の電圧ベクトルからU相の電圧ベクトルの方へ寄せられる。2.5極3ティースモータにおいて、電圧ベクトルの位相からの相誘起電圧ベクトルの位相のずれは30度と算出される。相誘起電圧ベクトルの位相が電圧ベクトルの位相から30度ずれることによって、U相およびW相の各々における駆動軸成分の振幅は、0.333から0.289 ($\div 0.333 \times \cos 30^\circ$) にまで減少する。

[0055] U相およびW相の各々における駆動軸成分の振幅がV相における駆動軸成分の振幅よりも小さいことから、V相のターン数よりもU相のターン数とW相のターン数との各々を大きくさせる調整によって、各相における駆動軸成分の振幅が均される。図11に示す例では、U相のターン数およびW相のターン数との各々を0.333から0.349へ増加させ、かつV相のターン数を0.333から0.302へ減少させる調整が行われる。かかる調整により、各相における駆動軸成分の振幅は、いずれも0.302となる。このように、各相のコイル7のターン数を調整することによって、各相における駆動軸成分の振幅を均すことができる。リニアモータ1は、各相における駆動軸成分の振幅が均されることによって、推力の低下を少なくするとともに、推力リップルの増加を少なくすることができる。

[0056] 実施の形態1によると、リニアモータ1は、基本組み合わせにおいてティース9の数が整数であるのに対して磁極の数が非整数であることによって、

基本組み合わせにおいてティース 9 の数も磁極の数も整数である場合に比べて、コギング推力を低減できる。リニアモータ 1 は、ティース 9 の一部を切断する場合と比べて、推力密度の低下を少なくすることができる。以上により、リニアモータ 1 は、リニアモータ 1 を駆動するための推力を維持しながらコギング推力を低減できるという効果を奏する。

[0057] 実施の形態 2.

図 1 2 は、実施の形態 2 にかかるリニアモータ 1 A の模式図である。リニアモータ 1 A の電機子 3 A は、コイル 7 が巻かれているティース 9 とコイル 7 が巻かれていないティース 9 とを有する。実施の形態 2 では、上記の実施の形態 1 と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態 1 とは異なる構成について主に説明する。

[0058] 電機子 3 A の電機子コア 6 A は、X 方向に配列された 6 個のティース 9 を有する。実施の形態 2 では、便宜上、電機子 3 A の各ティース 9 にティース番号を割り当てる。各ティース 9 には、図 1 2 において左から右へ向かって、それぞれティース番号である t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , t_5 , t_6 が割り当てられている。 t_2 のティース 9 には、U 相のコイル 7 が巻かれている。 t_4 のティース 9 には、V 相のコイル 7 が巻かれている。 t_6 のティース 9 には、W 相のコイル 7 が巻かれている。 t_1 , t_3 , t_5 の各ティース 9 には、コイル 7 は巻かれていない。 t_2 , t_4 , t_6 の各ティース 9 におけるターン数は、実施の形態 1 の各ティース 9 におけるターン数よりも多い。コイル 7 が巻かれたティース 9 である t_2 , t_4 , t_6 の各ティース 9 は、互いに同一の形状である。

[0059] 実施の形態 2 においても、実施の形態 1 と同様に、リニアモータ 1 A の基本組み合わせにおいて、ティース 9 の数と磁極の数とは互いに整数倍ではない。また、リニアモータ 1 A は、基本組み合わせにおいて、電機子コア 6 の幅 T_w の範囲内にある磁極の数が小数、すなわち非整数であるという特徴を有する。また、実施の形態 2 においても、上記式 (1) を計算した結果は非整数となる。図 1 2 に示すリニアモータ 1 A では、 L は、 t_2 のティース 9

の中心線と t 6 のティース 9 の中心線との距離である。図 1 2 に示す例では、上記式 (1) における N_t は 3 である。また、例えば、 L は 64 [mm]、 τ_p は 21.3333333 [mm] とする。この場合、式 (1) を計算した結果はおよそ 4.5 であって、基本組み合わせにおいてティース 9 の数が整数であるのに対して磁極の数は小数であるという関係が成り立つ。

[0060] 実施の形態 2 にかかるリニアモータ 1 A では、基本組み合わせにおいて、ティース 9 の数が 6、かつ磁極の数が 4.5 である。以下、ティース 9 の数が 6、かつ磁極の数が 4.5 の基本組み合わせを、「4.5 極 6 ティース」と表す。

[0061] コイル 7 が巻かれているティース 9 とコイル 7 が巻かれていないティース 9 とを有することで、全てのティース 9 にコイル 7 が巻かれる場合に比べて、電機子 3 A におけるコイル 7 の数を少なくすることができる。コイル 7 の数が少なくなり、かつ、コイル 7 を設置するための部品の数が少なくなることによって、リニアモータ 1 A の生産コストを低減できる。コイル 7 の数が少なくなることによって、コイル 7 を巻き付ける作業の回数を少なくすることができる。また、コイル 7 の数を少なくできることによって、コイル 7 同士の結線のための作業を少なくすることができる。これにより、リニアモータ 1 A の生産性を向上させることができる。

[0062] コイル 7 が巻かれる各ティース 9 には 1 つの相のコイル 7 のみが巻かれることによって、互いに異なる相のコイル 7 同士を絶縁するための部品が不要である。リニアモータ 1 A の部品点数が少なくなることによって、リニアモータ 1 A の生産コストを低減できる。

[0063] 図 1 3 は、実施の形態 2 にかかるリニアモータ 1 A におけるコギング推力の低減効果について説明するための図である。図 1 3 には、実施の形態 2 にかかる 4.5 極 6 ティースのリニアモータ 1 A におけるコギング推力の変化を表すグラフと、比較例である 4 極 6 ティースのリニアモータにおけるコギング推力の変化を表すグラフとを示す。比較例にかかるリニアモータも、図 1 2 に示すリニアモータ 1 A と同様に、3 個のコイル 7 を有する。なお、比

較例である4極6ティースの基本組み合わせの場合、上記式(1)における N_t は3である。また、例えば、 L は64 [mm]、 τ_p は24 [mm]とする。この場合、式(1)を計算した結果は4であって、基本組み合わせにおいてティース9の数および磁極の数はいずれも整数である。

[0064] 図13において、4.5極6ティースの場合のグラフは実線により表す。4極6ティースの場合のグラフは破線により表す。図13において、縦軸は、4極6ティースの場合における振幅を基に規格化されたコギング推力を表す。図13において、横軸は電気角を表す。図13に示すコギング推力と電気角との関係は、磁界解析によって求めることができる。

[0065] 図13に示すように、4極6ティースの場合における波形には、360度の電気角範囲に2つの山と2つの谷とが存在している。すなわち、4極6ティースのリニアモータでは、コギング推力の2次成分が支配的であることが分かる。これに対し、4.5極6ティースの場合における波形は、360度の電気角範囲に4つの山と4つの谷とが存在している。4.5極6ティースの場合における波形では、4極6ティースの場合に支配的であったコギング推力の2次成分がほとんど消えている。その結果、4.5極6ティースのリニアモータ1では、4極6ティースの場合に比べて、コギング推力の全体がおおよそ70%低減されている。このように、リニアモータ1Aは、比較例の場合に比べて、コギング推力を大幅に低減させることができる。

[0066] なお、コギング推力を最小とするために最適な基本組み合わせは、ティース9の形状または大きさ、永久磁石5の形状または大きさなどといった、リニアモータ1Aにおける磁気構造の設計によって変わる。基本組み合わせにおけるティース9の数と磁極の数とは、リニアモータ1Aの構成によって適宜変更することができる。

[0067] 実施の形態2においても、リニアモータ1Aは、実施の形態1と同様に、リニアモータ1Aを駆動するための推力を維持しながらコギング推力を低減できるという効果を奏する。

[0068] 実施の形態3.

図14は、実施の形態3にかかるリニアモータ1Bの模式図である。実施の形態1および2では、電機子3、3Aのティース9の数が、相数の整数倍であった。実施の形態3では、電機子3Bのティース9の数が、相数の整数倍ではないケースについて説明する。実施の形態3では、上記の実施の形態1または2と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態1または2とは異なる構成について主に説明する。

[0069] 電機子3Bの電機子コア6Bは、X方向に配列された5個のティース9を有する。実施の形態3では、便宜上、電機子3Bの各ティース9にティース番号を割り当てる。各ティース9には、図14において左から右へ向かって、それぞれティース番号である t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 が割り当てられている。

[0070] t_1 のティース9と t_5 のティース9との各々には、U相のコイル7が巻かれている。 t_2 のティース9には、V相のコイル7が巻かれている。 t_3 のティース9には、V相のコイル7とW相のコイル7とが巻かれている。 t_4 のティース9には、W相のコイル7が巻かれている。このように、電機子コア6Bの複数のティース9は、3相のうち1相のコイル7のみが巻かれたティース9と、3相のうち2以上の相のコイル7が巻かれたティース9とを含む。コイル7が巻かれたティース9である t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 の各ティース9は、互いに同一の形状である。

[0071] 実施の形態3においても、実施の形態1と同様に、リニアモータ1Bの基本組み合わせにおいて、磁極の数とティース9の数は互いに整数倍ではない。また、リニアモータ1Bは、基本組み合わせにおいて、電機子コア6の幅 T_w の範囲内にある磁極の数が小数、すなわち非整数であるという特徴を有する。また、実施の形態3においても、上記式(1)を計算した結果は非整数となる。図14に示す例では、 N_t は5である。また、例えば、 L は64 [mm]、 τ_p は20.5128205 [mm]とする。この場合、式(1)を計算した結果はおよそ3.9であって、基本組み合わせにおいてティース9の数が整数であるのに対して磁極の数は小数であるという関係が成り立

つ。

[0072] 実施の形態3にかかるリニアモータ1Bでは、基本組み合わせにおいて、ティース9の数が5、かつ磁極の数が3、9である。以下、ティース9の数が5、かつ磁極の数が3、9の基本組み合わせを、「3、9極5ティース」と表す。コイル7の相のX方向における順序は、基本組み合わせ、相数、複数の相のコイル7が巻かれたティース9の数、ティース9に巻かれるコイル7の数などによって決められる。

[0073] 図15は、実施の形態3にかかるリニアモータ1Bにおけるコギング推力の低減効果について説明するための図である。図15には、実施の形態3にかかる3、9極5ティースのリニアモータ1Bにおけるコギング推力の変化を表すグラフと、比較例である4極5ティースのリニアモータにおけるコギング推力の変化を表すグラフとを示す。比較例にかかるリニアモータも、図14に示すリニアモータ1Bと同様に、3相のうち1相のコイル7のみが巻かれたティース9と、3相のうち複数の相のコイル7が巻かれたティース9とを有する。なお、比較例である4極5ティースの基本組み合わせの場合、上記式(1)における N_t は5である。また、例えば、 L は64 [mm]、 τ_p は20 [mm]とする。この場合、式(1)を計算した結果は4であって、基本組み合わせにおいてティース9の数および磁極の数はいずれも整数である。

[0074] 図15において、3、9極5ティースの場合のグラフは実線により表す。4極5ティースの場合のグラフは破線により表す。図15において、縦軸は、4極5ティースの場合における振幅を基に規格化されたコギング推力を表す。図15において、横軸は電気角を表す。図15に示すコギング推力と電気角との関係は、磁界解析によって求めることができる。

[0075] 図15に示すように、3、9極5ティースの場合における振幅は、4極5ティースの場合における振幅よりも小さい。このことから、3、9極5ティースのリニアモータ1Bでは、4極5ティースの場合に比べて、コギング推力の2次成分が小さくなっていることが分かる。3、9極5ティースのリニ

アモータ 1 B では、4 極 5 ティースの場合に比べて、コギング推力の全体がおよそ 60% 低減されている。このように、リニアモータ 1 B は、比較例の場合に比べて、コギング推力を大幅に低減させることができる。

[0076] 図 15 に示すリニアモータ 1 B は、複数の相のコイル 7 が巻かれたティース 9 は 1 個であって、他のティース 9 にはいずれも 1 相のコイル 7 のみが巻かれている。リニアモータ 1 B は、複数の相のコイル 7 が巻かれたティース 9 を複数有しても良い。

[0077] 図 16 は、実施の形態 3 の変形例にかかるリニアモータ 1 C の模式図である。リニアモータ 1 C の電機子 3 C において、t 1 のティース 9 には U 相のコイル 7 が巻かれている。t 2 のティース 9 には U 相のコイル 7 と V 相のコイル 7 とが巻かれている。t 3 のティース 9 には V 相のコイル 7 が巻かれている。t 4 のティース 9 には V 相のコイル 7 と W 相のコイル 7 とが巻かれている。t 5 のティース 9 には W 相のコイル 7 が巻かれている。このように、リニアモータ 1 C では、t 1, t 3, t 5 の各ティース 9 には 3 相のうち 1 相のコイル 7 のみが巻かれており、t 2, t 4 の各ティース 9 には 3 相のうち 2 相のコイル 7 が巻かれている。

[0078] 複数の相のコイル 7 が巻かれたティース 9 が増えることによって、各相の相誘起電圧ベクトルの平衡化のための調整と、各相における相インダクタンスの差異を低減させるための調整とが容易となる。これにより、リニアモータ 1 C は、通電時の推力リップルの低減が可能となる。

[0079] ティース 9 の数が相数の整数倍ではないケースでは、各相の相誘起電圧ベクトルを平衡化させるために、各コイル 7 のターン数が調整される。複数のティース 9 の中には、コイル 7 のターン数が多いティース 9 と、コイル 7 のターン数が少ないティース 9 とが生じる。ティース 9 ごとのコイル 7 のターン数に差があり、また、全てのコイル 7 の線径は同じであることから、スロットにはコイル 7 が無いスペースが生じ易い。スペースが生じることによってコイル 7 の占積率が低下すると、リニアモータ 1 B, 1 C の銅損が高くなる。

[0080] リニアモータ 1 B, 1 C は、各スロットに入るコイル 7 の合計ターン数が均されるように、ティース 9 の数が整数かつ磁極の数が非整数である基本組み合わせを調整することができる。この場合、リニアモータ 1 B, 1 C は、端効果によるコギング推力の低減を図るとともに、占積率を向上させることも可能となる。これにより、リニアモータ 1 B, 1 C は、コギング推力を低減させるとともに、銅損を低減させることができる。

[0081] 電機子 3 B, 3 C に設けられるコイル 7 の数と電機子コア 6 B のティース 9 の数とは、任意であるものとする。リニアモータ 1 B, 1 C は、図 4 に示すリニアモータ 1 と同様に補助ティース 9 a を有するものであっても良い。リニアモータ 1 B, 1 C は、実施の形態 2 にかかるリニアモータ 1 A と同様に、コイル 7 が巻かれているティース 9 とコイル 7 が巻かれていないティース 9 とを有するものであっても良い。

[0082] なお、コギング推力を最小とするために最適な基本組み合わせは、ティース 9 の形状または大きさ、永久磁石 5 の形状または大きさなどといった、リニアモータ 1 B, 1 C における磁気構造の設計によって変わる。基本組み合わせにおけるティース 9 の数と磁極の数とは、リニアモータ 1 B, 1 C の構成によって適宜変更することができる。

[0083] 実施の形態 3 においても、リニアモータ 1 B, 1 C は、実施の形態 1 と同様に、リニアモータ 1 B, 1 C を駆動するための推力を維持しながらコギング推力を低減できるという効果を奏する。

[0084] 実施の形態 4.

図 17 は、実施の形態 4 にかかるリニアモータ 1 D の模式図である。リニアモータ 1 D は、タンデム型電機子 11 を有する。タンデム型電機子 11 は、界磁磁極 2 を共用する 2 個の電機子 3 B を有する。2 個の電機子 3 B は、X 方向に並べられている。タンデム型電機子 11 は、複数の電機子 3 B から構成される配列型電機子の一例である。リニアモータ 1 D は、2 個の電機子 3 B を同時に駆動するタンデム駆動によって、1 個の電機子 3 B を駆動する場合よりも推力を増加させる。実施の形態 4 では、上記の実施の形態 1 から

3 と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態 1 から 3 とは異なる構成について主に説明する。

[0085] 実施の形態 4 では、2 個の電機子 3 B の各々が 3. 9 極 5 ティースの構成を有する。各電機子 3 B は、X 方向における電機子 3 B の位置を示す電気角が互いに同じになるように、0. 1 極相当の隙間を介して配置される。X 方向におけるタンデム型電機子 1 1 の幅 T_w' は、各電機子 3 B における電機子コア 6 B の幅 T_w と当該隙間の幅との合計となる。幅 T_w' の範囲内にある磁極の数は、7. 9 である。リニアモータ 1 D は、各電機子 3 B における電機子コア 6 B の幅 T_w の範囲内における磁極の数が非整数であって、かつ、タンデム型電機子 1 1 の幅 T_w' の範囲内における磁極の数も非整数である。このように、タンデム型電機子 1 1 と向かい合う磁極の数は、非整数である。

[0086] 隙間を介して 2 個の電機子 3 B が配置されることによって、電機子 3 B 同士の磁氣的干渉を低減できる。リニアモータ 1 D は、電機子 3 B 同士の磁氣的干渉を低減できることによって、コギング推力を低減させることができる。各電機子 3 B の電気角が互いに同じであることで、各電機子 3 B の相誘起電圧ベクトルが互いに一致する。このため、電機子 3 B 同士が並列接続により電氣的に接続されても、推力リップルは増加しない。

[0087] リニアモータ 1 D が有する配列型電機子は、実施の形態 3 にて説明した電機子 3 B から構成されるものに限られない。配列型電機子は、実施の形態 1 から 3 にて説明したいずれの電機子から構成されるものであっても良い。また、配列型電機子は、2 個の電機子から構成されるタンデム型電機子 1 1 に限られず、3 個以上の電機子から構成されるものであっても良い。すなわち、配列型電機子は、X 方向に並べられており界磁磁極 2 を共用する複数の電機子から構成されるものであれば良く、配列型電機子を構成する電機子の数は任意である。この場合も、X 方向における配列型電機子の幅の範囲内にある磁極の数は、非整数である。なお、配列型電機子の各電機子におけるコイル 7 の数とティース 9 の数とは、任意であるものとする。

[0088] 実施の形態4においても、リニアモータ1Dは、実施の形態1と同様に、リニアモータ1Dを駆動するための推力を維持しながらコギング推力を低減できるという効果を奏する。

[0089] 以上の各実施の形態に示した構成は、本開示の内容の一例を示すものである。各実施の形態の構成は、別の公知の技術と組み合わせることが可能である。各実施の形態の構成同士が適宜組み合わせられても良い。本開示の要旨を逸脱しない範囲で、各実施の形態の構成の一部を省略または変更することが可能である。

符号の説明

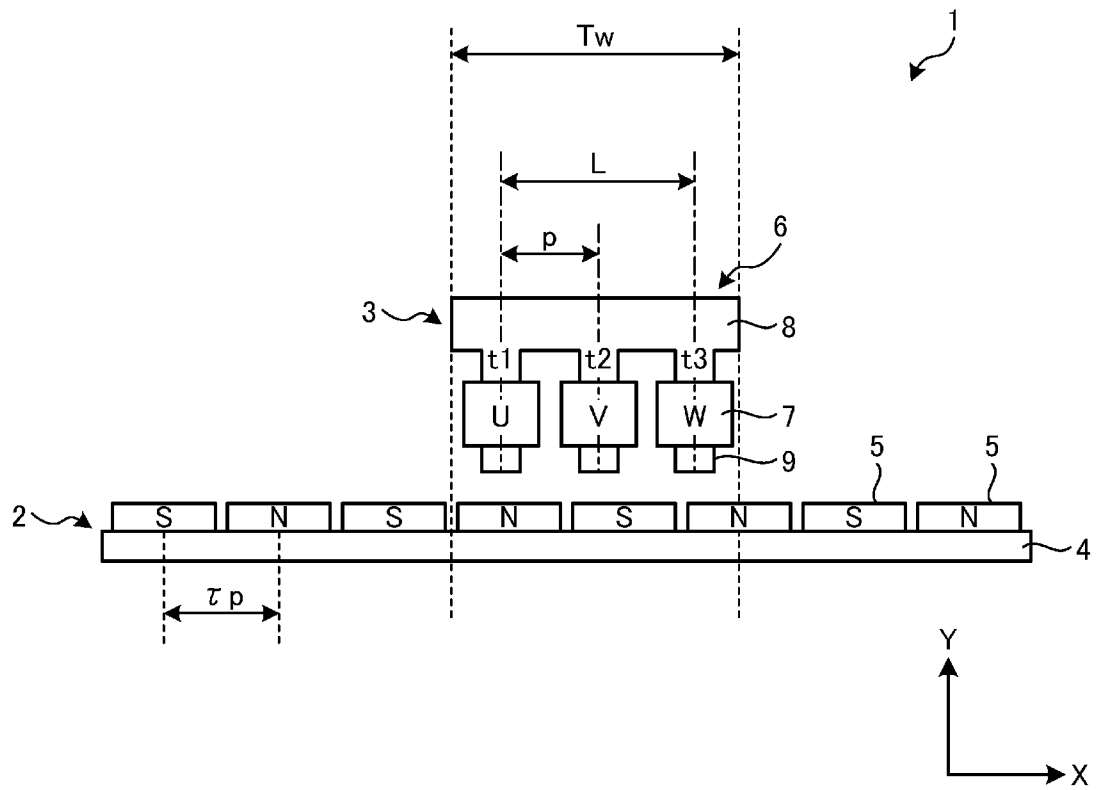
[0090] 1, 1A, 1B, 1C, 1D リニアモータ、2 界磁磁極、3, 3A, 3B, 3C 電機子、4 バックヨーク、5 永久磁石、6, 6A, 6B 電機子コア、6a 部品、7 コイル、8 コアバック、9 ティース、9a 補助ティース、11 タンデム型電機子。

請求の範囲

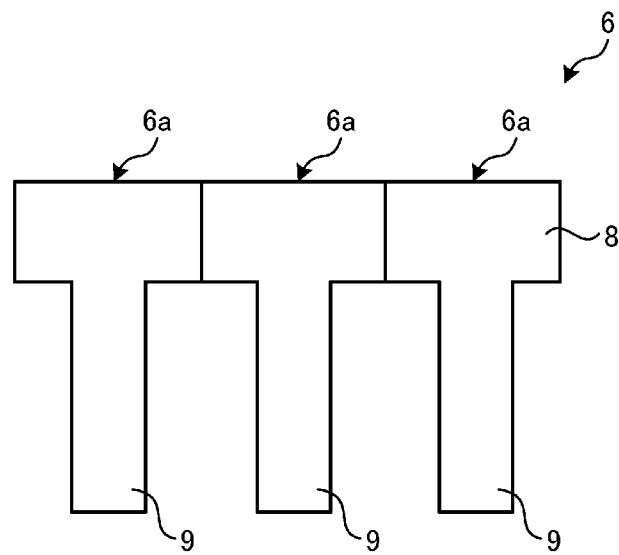
- [請求項1] 各々が等間隔に配列された複数の永久磁石を有する界磁磁極と、
 複数のティースを有する電機子コアと、複数の前記ティースのうち
 2以上の前記ティースの各々に巻かれたコイルとを有し、前記界磁磁
 極に向かい合わせられて前記界磁磁極に対して相対的に移動する電機
 子と、を備え、
 前記電機子コアが有する前記ティースの数と、複数の前記ティース
 と向かい合う磁極の数であって前記電機子の進行方向に配列された前
 記磁極の数との組み合わせにおいて、前記進行方向における前記電機
 子コアの幅の範囲内にある前記磁極の数は、非整数であることを特徴
 とするリニアモータ。
- [請求項2] 前記コイルが巻かれた前記ティースの各々は、互いに同一の形状で
 あって、
 前記進行方向における前記電機子の幅は、前記進行方向における前
 記界磁磁極の幅よりも短く、
 複数の前記ティースのうち前記コイルが巻かれた前記ティースの数
 を N_t 、前記コイルが巻かれた前記ティースのうち前記進行方向にお
 ける両端のティース同士の距離を L 、前記進行方向における互いに異
 なる極性の磁極同士の距離を τ_p として、 $\{L \times N_t / (N_t - 1)\} \div \tau_p$ の値が非整数であることを特徴とする請求項1に記載のリニア
 モータ。
- [請求項3] 前記リニアモータを駆動するための電圧の位相への相誘起電圧ベク
 トルの投影成分の振幅が複数の相の各々において同じとなるように、
 複数の相の各々の前記コイルのターン数が調整されていることを特徴
 とする請求項1または2に記載のリニアモータ。
- [請求項4] 複数の前記ティースは、前記コイルが巻かれた前記ティースと前記
 コイルが巻かれていない前記ティースとを含むことを特徴とする請求
 項1から3のいずれか1つに記載のリニアモータ。

- [請求項5] 前記電機子コアが有する前記ティースの数は、相数の整数倍ではなく、かつ、複数の前記ティースは、複数の相のうち2以上の相の前記コイルが巻かれた前記ティースを含むことを特徴とする請求項1から3のいずれか1つに記載のリニアモータ。
- [請求項6] 前記進行方向に並べられており前記界磁磁極を共用する複数の前記電機子から構成される配列型電機子を備え、
前記進行方向における前記配列型電機子の幅の範囲内にある前記磁極の数は、非整数であることを特徴とする請求項1から5のいずれか1つに記載のリニアモータ。
- [請求項7] 複数の前記ティースに取り付けられた全ての前記コイルの線径は同じであることを特徴とする請求項1から6のいずれか1つに記載のリニアモータ。

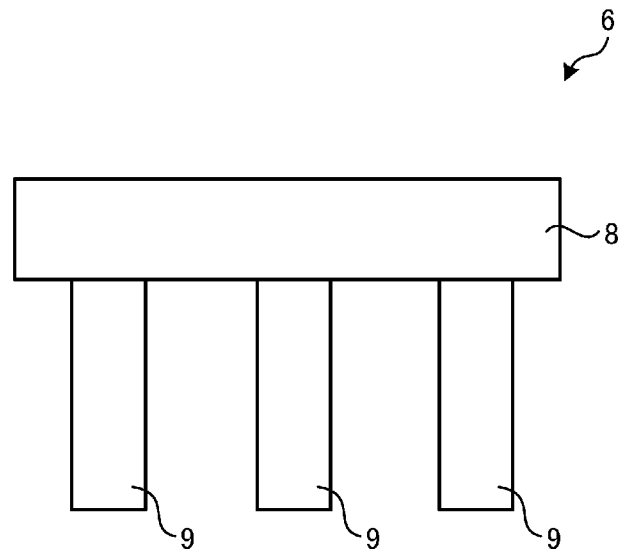
[図1]



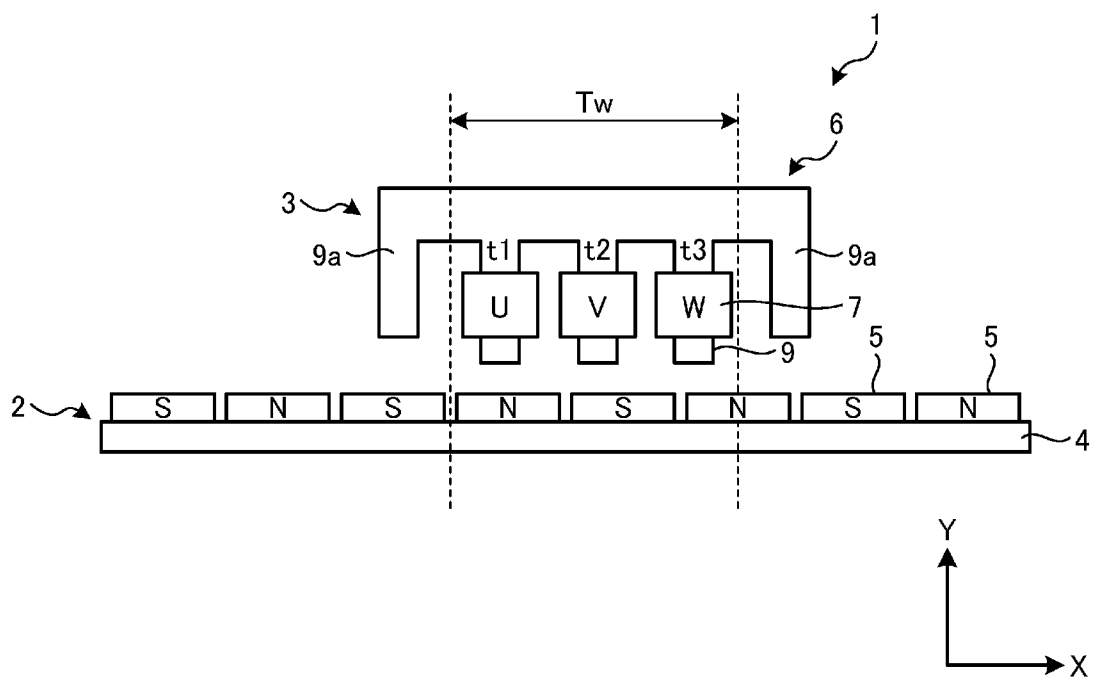
[図2]



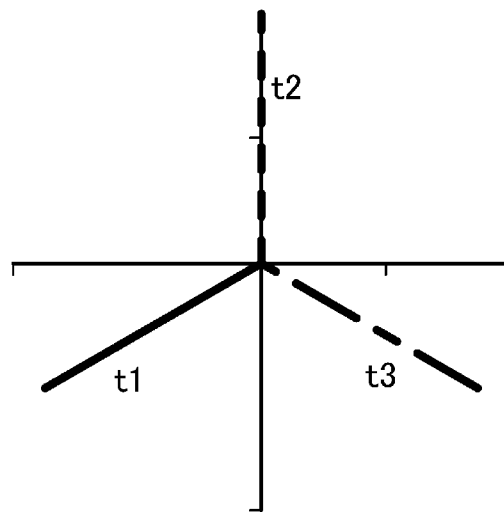
[図3]



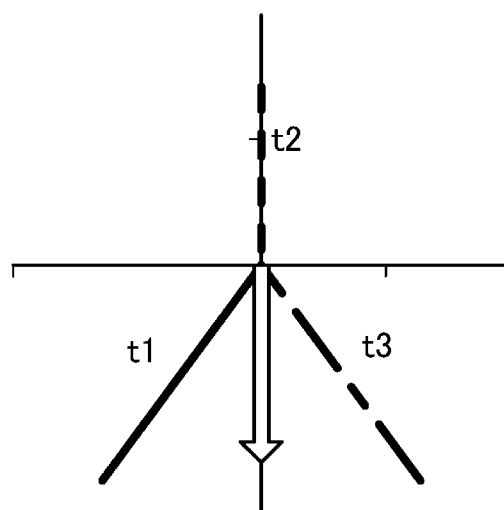
[図4]



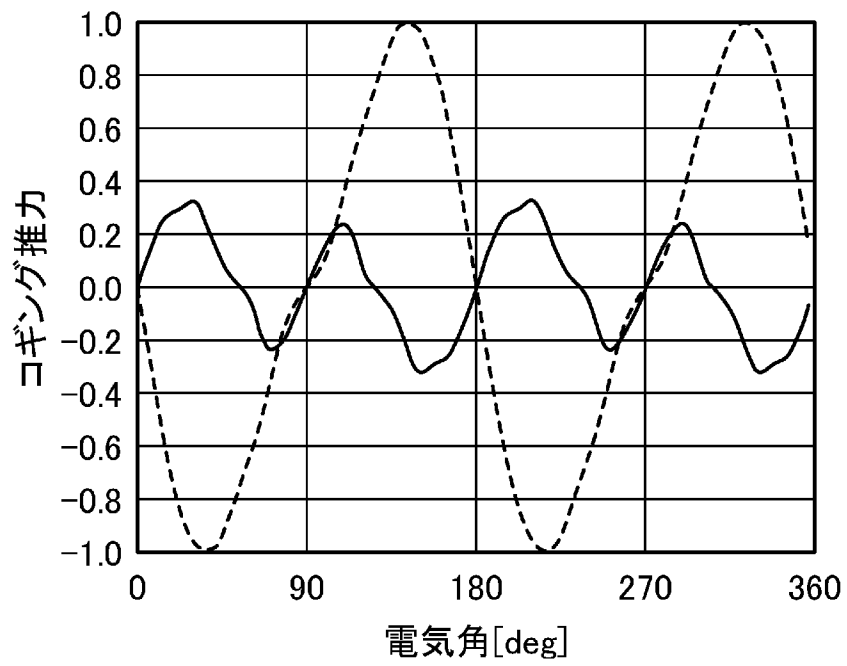
[図5]



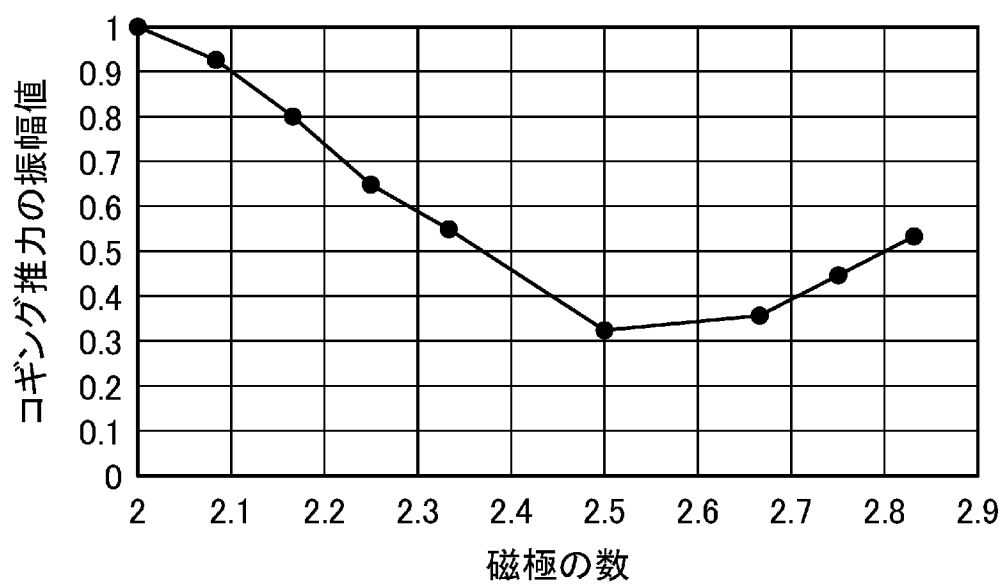
[図6]



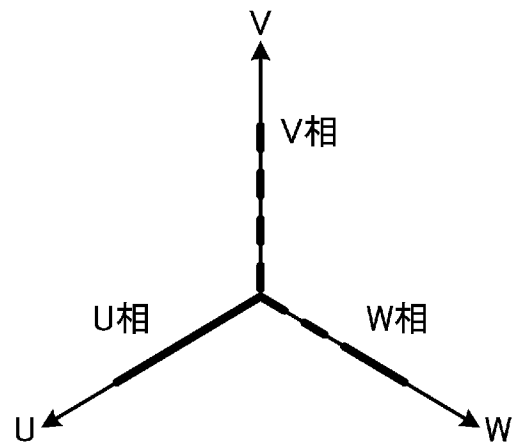
[図7]



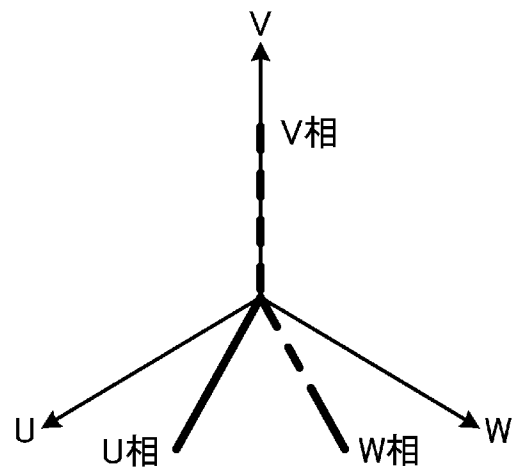
[図8]



[図9]



[図10]



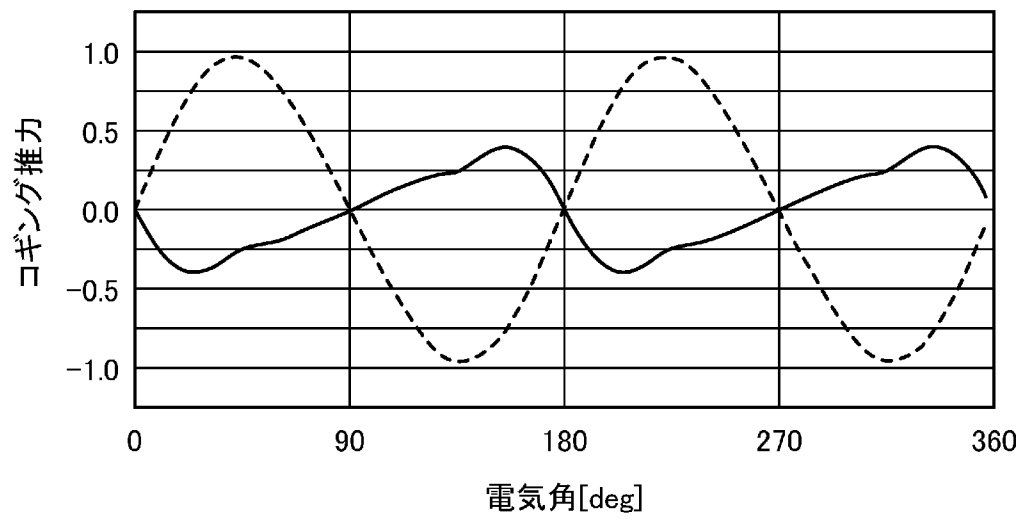
		U相	V相	W相
調整前	ターン数	0.333	0.333	0.333
	駆動軸成分の振幅	0.289	0.333	0.289
調整後	ターン数	0.349	0.302	0.349
	駆動軸成分の振幅	0.302	0.302	0.302

Figure 1A is a cross-sectional view of a semiconductor device. The device includes a substrate 4 with a layer 2 on top. Layer 2 contains alternating S and N regions. A gate stack 3A is formed on top of layer 2. The gate stack 3A includes a gate 6A with a width T_w and a channel length L . The gate 6A is divided into six segments t_1 to t_6 . Underneath the gate segments, there are three regions U, V, and W, each with a small rectangular feature 5. A coordinate system with X and Y axes is shown at the bottom right.

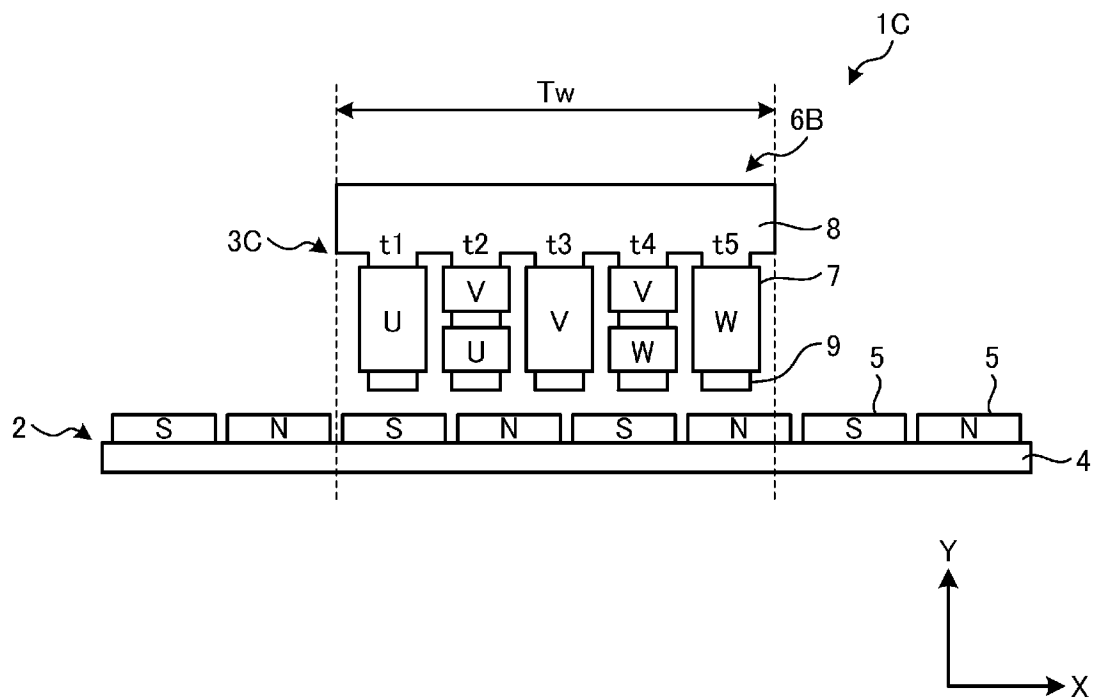
Figure 10 is a line graph showing the relationship between the firing angle (電気角) in degrees and the cogging force (コギング推力). The x-axis represents the firing angle from 0 to 360 degrees, with major grid lines every 90 degrees. The y-axis represents the cogging force from -1.0 to 1.0, with major grid lines every 0.2 units. Two curves are plotted: a solid line and a dashed line. Both curves exhibit a periodic, wave-like pattern. The solid line has peaks of approximately 0.35 at 30, 210, and 330 degrees, and troughs of approximately -0.35 at 90, 270, and 150 degrees. The dashed line has higher peaks of 1.0 at 30, 210, and 330 degrees, and deeper troughs of -1.0 at 90, 270, and 150 degrees.

Figure 1B is a cross-sectional view of a semiconductor device 1B. The device features a central region 3B and peripheral regions 5. The central region 3B contains a stack of layers including a gate stack 8, a channel layer 7, and a substrate 9. The gate stack 8 is divided into five segments labeled t1, t2, t3, t4, and t5. The channel layer 7 is divided into five segments labeled U, V, W, W, and U. The substrate 9 is divided into five segments labeled U, V, W, W, and U. The peripheral regions 5 are located on either side of the central region 3B and contain a stack of layers including a gate stack 8, a channel layer 7, and a substrate 9. The gate stack 8 is divided into two segments labeled S and N. The channel layer 7 is divided into two segments labeled S and N. The substrate 9 is divided into two segments labeled S and N. A coordinate system (X, Y) is shown at the bottom right of the device.

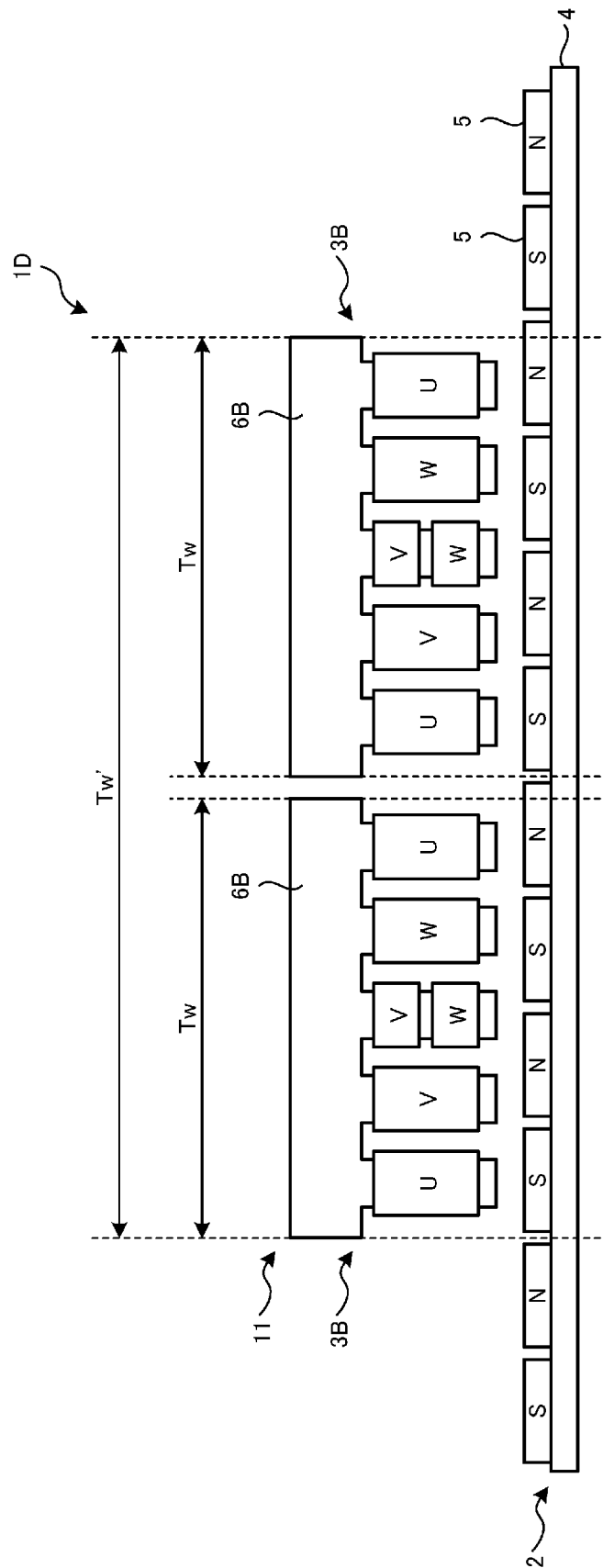
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/003386

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02K 41/03 (2006.01)i FI: H02K41/03 A 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) H02K41/03 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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)																										
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>KR 10-2007-0094212 A (JAHWA ELECTRONICS CO., LTD.) 20 September 2007 (2007-09-20) paragraphs [70]-[86], fig. 4-6</td> <td>1-2</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>3-7</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 60-30195 B2 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 15 July 1985 (1985-07-15) column 3, line 33 to column 5, line 2, fig. 4</td> <td>1-2</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>3-7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2013-219882 A (YAMAHA MOTOR CO., LTD.) 24 October 2013 (2013-10-24) paragraphs [0004], [0012]-[0027], fig. 1-4</td> <td>3-7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>WO 2019/008848 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 10 January 2019 (2019-01-10) paragraphs [0075]-[0083], fig. 26-28</td> <td>5-7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2000-278931 A (YASKAWA ELECTRIC MFG. CO., LTD.) 06 October 2000 (2000-10-06) paragraphs [0008]-[0010], fig. 7-16</td> <td>6-7</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	KR 10-2007-0094212 A (JAHWA ELECTRONICS CO., LTD.) 20 September 2007 (2007-09-20) paragraphs [70]-[86], fig. 4-6	1-2	Y		3-7	X	JP 60-30195 B2 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 15 July 1985 (1985-07-15) column 3, line 33 to column 5, line 2, fig. 4	1-2	Y		3-7	Y	JP 2013-219882 A (YAMAHA MOTOR CO., LTD.) 24 October 2013 (2013-10-24) paragraphs [0004], [0012]-[0027], fig. 1-4	3-7	Y	WO 2019/008848 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 10 January 2019 (2019-01-10) paragraphs [0075]-[0083], fig. 26-28	5-7	Y	JP 2000-278931 A (YASKAWA ELECTRIC MFG. CO., LTD.) 06 October 2000 (2000-10-06) paragraphs [0008]-[0010], fig. 7-16	6-7
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																								
X	KR 10-2007-0094212 A (JAHWA ELECTRONICS CO., LTD.) 20 September 2007 (2007-09-20) paragraphs [70]-[86], fig. 4-6	1-2																								
Y		3-7																								
X	JP 60-30195 B2 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 15 July 1985 (1985-07-15) column 3, line 33 to column 5, line 2, fig. 4	1-2																								
Y		3-7																								
Y	JP 2013-219882 A (YAMAHA MOTOR CO., LTD.) 24 October 2013 (2013-10-24) paragraphs [0004], [0012]-[0027], fig. 1-4	3-7																								
Y	WO 2019/008848 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 10 January 2019 (2019-01-10) paragraphs [0075]-[0083], fig. 26-28	5-7																								
Y	JP 2000-278931 A (YASKAWA ELECTRIC MFG. CO., LTD.) 06 October 2000 (2000-10-06) paragraphs [0008]-[0010], fig. 7-16	6-7																								
☒ 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 25 March 2022		Date of mailing of the international search report 05 April 2022																								
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.																								

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/003386

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-545939 A (SIEMENS AG) 24 December 2009 (2009-12-24) paragraphs [0008], [0009], [0039]-[0043], fig. 1	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/003386

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
KR	10-2007-0094212	A	20 September 2007	(Family: none)	
JP	60-30195	B2	15 July 1985	(Family: none)	
JP	2013-219882	A	24 October 2013	(Family: none)	
WO	2019/008848	A1	10 January 2019	KR 10-2020-0010493	A
				CN 110832747	A
JP	2000-278931	A	06 October 2000	(Family: none)	
JP	2009-545939	A	24 December 2009	US 2009/0322162	A1
				paragraphs [0008], [0009], [0047]-[0052], fig. 1	
				WO 2008/015140	A1
				DE 102006035676	A1
				CN 101496265	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 41/03(2006.01)i FI: H02K41/03 A														
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）） H02K41/03 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2022年													
日本国実用新案登録公報	1996-2022年													
日本国登録実用新案公報	1994-2022年													
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												
X	KR 10-2007-0094212 A (JAHWA ELECTRONICS CO., LTD.) 20.09.2007 (2007 - 09 - 20) 段落[70]-[86], 図4-6	1-2												
Y		3-7												
X	JP 60-30195 B2 (松下電器産業株式会社) 15.07.1985 (1985 - 07 - 15) 3欄33行-5欄2行, 図4	1-2												
Y		3-7												
Y	JP 2013-219882 A (ヤマハ発動機株式会社) 24.10.2013 (2013 - 10 - 24) 段落[0004], [0012]-[0027], 図1-4	3-7												
Y	WO 2019/008848 A1 (三菱電機株式会社) 10.01.2019 (2019 - 01 - 10) 段落[0075]-[0083], 図26-28	5-7												
Y	JP 2000-278931 A (株式会社安川電機) 06.10.2000 (2000 - 10 - 06) 段落[0008]-[0010], 図7-16	6-7												
A	JP 2009-545939 A (シーメンス アクチエンゲゼルシャフト) 24.12.2009 (2009 - 12 - 24) 段落[0008]-[0009], [0039]-[0043], 図1	1-7												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 25.03.2022	国際調査報告の発送日 05.04.2022													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 安池 一貴 3V 9150 電話番号 03-3581-1101 内線 3357													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/003386

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
KR	10-2007-0094212	A	20.09.2007	(ファミリーなし)	
JP	60-30195	B2	15.07.1985	(ファミリーなし)	
JP	2013-219882	A	24.10.2013	(ファミリーなし)	
WO	2019/008848	A1	10.01.2019	KR 10-2020-0010493	A
				CN 110832747	A
JP	2000-278931	A	06.10.2000	(ファミリーなし)	
JP	2009-545939	A	24.12.2009	US 2009/0322162	A1
				段落[0008]-[0009], [0047]-[0052], 図1	
				WO 2008/015140	A1
				DE 102006035676	A1
				CN 101496265	A