

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6576285号
(P6576285)

(45) 発行日 令和1年9月18日 (2019.9.18)

(24) 登録日 令和1年8月30日 (2019.8.30)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 L 5/13 (2006.01)
HO 2 K 41/02 (2006.01)GO 1 L 5/13
HO 2 K 41/02 Z

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-70174 (P2016-70174)
 (22) 出願日 平成28年3月31日 (2016.3.31)
 (65) 公開番号 特開2017-181343 (P2017-181343A)
 (43) 公開日 平成29年10月5日 (2017.10.5)
 審査請求日 平成30年8月20日 (2018.8.20)

(73) 特許権者 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100073759
 弁理士 大岩 増雄
 (74) 代理人 100088199
 弁理士 竹中 岑生
 (74) 代理人 100094916
 弁理士 村上 啓吾
 (74) 代理人 100127672
 弁理士 吉澤 憲治
 (72) 発明者 秋山 喬
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 推力測定装置および推力測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可動板を有する可動部と、ベース板を有する固定部とを備え、
 前記可動部または前記固定部のいずれかに取付けられているコイルと、前記コイルに対向するように離隔して設けられ、前記コイルが前記可動部に取付けられているときは前記固定部に、前記コイルが前記固定部に取付けられているときは前記可動部に設置されているマグネットと、を有するリニアモータの、動作時に発生する推力の脈動であるコギングとリップルを測定する推力測定装置であって、
 前記リニアモータの動作時に前記可動板が移動する移動面内であって、当該可動板の移動方向に直交する方向に、前記コイルを挟んで両側に配置されて前記可動板または前記ベース板のいずれかに取付けられ、前記可動板の移動をガイドする複数のパッドと、
 前記ベース板または前記可動板上に、前記可動板の移動方向と直交する2方向それぞれに、前記各パッドと対向するように配置され、前記可動板の移動方向への移動を非接触でガイドする複数のガイドレールと
 前記ベース板と前記可動板との相対位置を検出し当該相対位置の位置情報を出力するリニアエンコーダと、
 前記ベース板に設置され、前記リニアモータの特性測定のために、一定速度で駆動される測定用のアクチュエータと、
 前記可動部と前記アクチュエータの間に設置され、前記アクチュエータを一定速度で移動させた場合、あるいは前記アクチュエータは静止させたままで、前記リニアモータのコイ

10

20

ルに電流を流した場合に、発生する力を検出することで前記推力を測定するロードセルと、
を備えたことを特徴とする推力測定装置。

【請求項 2】

前記パッドには、配管を通じて圧力を発生させるための流体が供給され、前記ガイドレールとの組合せで流体軸受を構成していることを特徴とする請求項 1 に記載の推力測定装置。

【請求項 3】

前記可動板には、外部から、前記固定部に設けた支持部を介して、配線と前記配管とが接続され、

前記リニアエンコーダからの出力に同期させることにより前記可動板の移動に追従するとともに、前記配線と前記配管が固定されたアシスト軸を、前記マグネットを挟んで前記リニアエンコーダとは反対側の前記ベース板上に設置したことを特徴とする請求項 2 に記載の推力測定装置。

【請求項 4】

前記可動板に前記リニアモータのコイルを複数配置したことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の推力測定装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の推力測定装置を用いて、
前記コイルの動力線をアンプから切り離し、
前記アクチュエータで前記可動板を測定開始位置へ移動し、
前記アクチュエータで前記可動部を一定速度で移動させながら、前記可動板の位置と、前記可動板と前記アクチュエータとの間に働く力とを測定し、
測定終了位置に到達すれば前記アクチュエータを停止する、
ことを特徴とする推力測定方法。

【請求項 6】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の推力測定装置を用いて、
前記コイルと前記アクチュエータを同時に測定開始位置へ移動した後、
前記アクチュエータをロックする工程、
前記コイルに一定の電流を印加する工程、
前記可動板の位置と、前記可動板と前記アクチュエータの間に働く力とを測定する工程、
前記アクチュエータのロックを解除する工程、
次の測定位置までコイルと前記アクチュエータを同時に移動する工程、
を順に実施した後、前記工程による測定を測定終了位置まで繰り返す、
ことを特徴とする推力測定方法。

【請求項 7】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の推力測定装置を用いて、
前記コイルの動力電源を切り、前記アクチュエータで可動板を測定開始位置へ移動した後、

前記アクチュエータをロックする工程、
前記可動板の位置と前記可動板と前記アクチュエータの間に働く力とを測定する工程、
前記アクチュエータのロックを解除する工程、
次の測定位置まで前記アクチュエータで可動板を移動する工程、
を順に実施した後、前記工程による測定を測定終了位置まで繰り返す、
ことを特徴とする推力測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はリニアモータの特性を測定する装置に関し、特にコギングとリップルを測定する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

リニアモータの一例について説明する。リニアモータでは、永久磁石がリニアモータの進行方向に間隔をおいて配置される。この永久磁石に対向する位置に、ギャップを介してリニアモータの進行方向にコイルを配置する。コイルに流す電流の向きを変えることで、コイルの永久磁石に対向する部分のN極とS極の切り換えが可能となる。このN極とS極との切り替えを制御することで、つまり、永久磁石とコイルとが引合ったり反発したりするタイミングを制御することで、リニアモータは進行方向に推力を生ずる。リニアモータに推力を生じさせる場合においては、永久磁石とコイルは、どちらが固定側でも、可動側でも問題無い。

10

また、コイルの中に鉄芯を有するリニアモータをコア付きリニアモータと呼び、コイルの中に鉄芯が無いリニアモータをコアレスリニアモータと呼ぶ。コア付きリニアモータの場合、コイルの中心に鉄芯があるので磁力が強く、リニアモータの推力が強い一方、永久磁石とコイル鉄芯とが引合ったり、反発したりする影響を受け、リニアモータの推力に脈動が生じ易い。コアレスリニアモータの場合、コイルの中に鉄芯が無いためリニアモータの推力に脈動が生じ難い一方、磁力が弱いためリニアモータの推力が弱い。

【0003】

ここで、コア付きリニアモータの推力に生じる脈動について説明する。リニアモータの推力に生じる脈動には2種類ある。1つは、コイルと永久磁石との相対位置の変化に伴い磁気抵抗が変化するために発生する推力の脈動であり、コギング推力（以下コギングと呼ぶ）と呼ぶ。コギングは、コイルに流す電流に関わらず、コイルと永久磁石との相対位置により変化し、コイルに電流を流さない状態で外部からコイルと永久磁石との相対位置を変化させることで測定できる。もう1つは、コイルによる磁束と永久磁石による磁束との相互作用が一定でないために発生する推力の脈動であり、推力リップル（以下リップルと呼ぶ）と呼ぶ。リップルは、コイルに流す電流に比例して大きくなる。

20

【0004】

コア付きのリニアモータにおいて、リニアモータの推力に生じる脈動は制御性能に影響を与えるため、これまで様々な測定方法が提案されてきた。例えば、測定対象となるリニアモータをスレーブリニアモータとして非接触式ステージ機構を介してマスターリニアモータと連結し、マスターリニアモータを外乱オブザーバ制御方式により一定速度で駆動し、この時スレーブリニアモータの各相の速度誘起電圧と移動速度の比から毎相誘起電圧定数を求め、そこからリップルを測定しているものがある（例えば、特許文献1参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第3413485号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述のようなリニアモータの推力の脈動を測定する方法にあつては、速度誘起電圧からリップルを測定するので、速度誘起電圧が低い低速駆動時におけるリップルの測定精度が悪いという問題があった。また、測定において、リニアモータのガイド等による外乱の影響が大きいという問題点があった。

40

【0007】

この発明は上記問題点を解決するためになされたものであり、測定時の駆動速度に依存しない、精度のよい測定装置を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係る推力測定装置は、
可動板を有する可動部と、ベース板を有する固定部とを備え、

50

前記可動部または前記固定部のいずれかに取付けられているコイルと、前記コイルに対向するように離隔して設けられ、前記コイルが前記可動部に取付けられているときは前記固定部に、前記コイルが前記固定部に取付けられているときは前記可動部に設置されているマグネットと、を有するリニアモータの、動作時に発生する推力の脈動であるコギングとリップルを測定する推力測定装置であって、

前記リニアモータの動作時に前記可動板が移動する移動面内であって、当該可動板の移動方向に直交する方向に、前記コイルを挟んで両側に配置されて前記可動板または前記ベース板のいずれかに取付けられ、前記可動板の移動をガイドする複数のパッドと、

前記ベース板または前記可動板上に、前記可動板の移動方向と直交する２方向それぞれに、前記各パッドと対向するように配置され、前記可動板の移動方向への移動を非接触でガイドする複数のガイドレールと

前記ベース板と前記可動板との相対位置を検出し当該相対位置の位置情報を出力するリニアエンコーダと、

前記ベース板に設置され、前記リニアモータの特性測定のために、一定速度で駆動される測定用のアクチュエータと、

前記可動部と前記アクチュエータの間に設置され、前記アクチュエータを一定速度で移動させた場合、あるいは前記アクチュエータは静止させたままで、前記リニアモータのコイルに電流を流した場合に、発生する力を検出することで前記推力を測定するロードセルと、

を備えたものである。

【発明の効果】

【０００９】

本発明に係る推力測定装置によれば、測定精度が測定時の駆動速度に依存しない、精度のよい測定方法を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】本発明の実施の形態１による測定装置の斜視図である。

【図２】本発明の実施の形態１による測定装置の上面図である。

【図３】本発明の実施の形態１による測定装置の断面図である。

【図４】本発明の実施の形態１によるコギングを測定する手順を示す図である。

【図５】本発明の実施の形態１によるリップルを測定する手順を示す図である。

【図６】本発明の実施の形態２による測定装置の上面図である。

【図７】本発明の実施の形態２による測定装置の断面図である。

【図８】本発明の実施の形態２によるコギングが倍増する場合のコイルの配置の一例を示した図である。

【図９】本発明の実施の形態２によるコギングが最小になるコイルの配置の一例を示した図である。

【図１０】本発明の実施の形態２によるコギングが小さくなる場合のコイルの配置の一例を示した図である。

【図１１】本発明の実施の形態３によるコギングを測定する手順を示す図である。

【図１２】本発明の実施の形態４による測定装置の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

実施の形態１．

以下、この発明の実施の形態１を図に基づいて説明する。図１は、実施の形態１によるリニアモータのコギングとリップルを測定する装置の斜視図であり、図２はその上面図（ただし、配線、配管は図示せず）、図３は図２のＡ－Ａでの断面図である。

【００１２】

ここで説明の都合上、リニアモータの進行方向をＸ軸とし、このＸ軸に直交し、Ｘ軸と共にリニアモータの設置面を形成する軸をＹ軸、このＸ軸とＹ軸で形成される面（以下、

10

20

30

40

50

この面を X - Y 平面と呼ぶ) に直交する軸を Z 軸とする。また、X 軸と Z 軸で形成される面を X - Z 平面と呼ぶ。

【 0 0 1 3 】

この測定装置は、大きく分けて固定部と可動部から成る。固定部と可動部には、測定対象となるリニアモータの構成要素である、マグネットおよびコイルを別々に設置するが、固定部には、どちらの構成要素を設置してもよい。すなわち、マグネットを固定部に設置したときは、可動部にはコイルが設置され、コイルを固定部に設置したときは、可動部にはマグネットが設置される。以下ではこのうち、前者の場合を例にして本測定装置の構成について、固定部から順に説明する。

まず、測定対象となるリニアモータの構成要素であるマグネット 2 を、X - Y 平面を形成する、固定部の構成要素の 1 つであるベース 1 上に配置する。また、このマグネット 2 の両側に、非接触式ガイドのガイドレール 4 を X 軸方向に配している。ここでガイドレール 4 は、X - Y 平面部分と X - Z 平面部分を有している。また 2 つのガイドレール 4 は、マグネット 2 を中心線 (X 軸方向の形状中心線) とみなした場合において、それぞれの X - Z 平面部分が互いに線対称な関係となるように配している。さらにベース 1 上には、リニアエンコーダ 7 とアシスト軸 8、測定用のアクチュエータ 10 (以下、単にアクチュエータ 10 と呼ぶ) を配している。

【 0 0 1 4 】

次に可動部について説明する。可動部の構成要素の 1 つである可動板 6 上に、測定対象となるリニアモータの構成要素であるコイル 3 が配置され、このコイル 3 の両側に非接触式ガイドのパッド 5 を配している。コイル 3 は、マグネット 2 と向かい合う位置に隙間を隔てて配されている。パッド 5 はガイドレール 4 の X - Y 平面部分に向かい合うように配しているものと、ガイドレール 4 の X - Z 平面に向かい合うように配しているものがある。ここでガイドレール 4 の X - Z 平面部分に向かい合うように配したパッド 5 は、コイル 3 を中心線 (X 軸方向の形状中心線) とみなした場合に、上記各パッドは互いに X - Z 平面部分が線対称な関係となるよう配している。このようにコイルとパッドを、X - Y 平面上及び X - Z 平面上の両平面上で、互いに向かい合うようにすることで、可動板 6 は X 軸方向のみに移動可能となる。

【 0 0 1 5 】

ところで、被測定対象であるコギングによる推力は、ガイド部の摩擦力程度の大きさになる場合があるため、ガイド部の摩擦力はコギングを測定する上で誤差要因となる。そこで、摩擦力がより小さい、すなわち測定の誤差要因が小さいガイドを採用する必要がある。そこで、上述のように、ガイド機構として非接触式ガイドを採用した。この採用により、非常に小さな摩擦係数を実現したガイド機構が得られるためである。

具体的な例を挙げると、非接触式ガイドの一例である、例えば油を使った (流体軸受の一種である) 静圧軸受では、その摩擦係数は、 $1 / 20$ 、 0.00 以下であり、一般的な LM ガイドの摩擦係数 $1 / 1$ 、 0.00 程度と比較して十分小さい。

【 0 0 1 6 】

さらに、具体例についての詳細内容を以下で説明する。

リニアモータがコア付きの場合、つまりコイル 3 の中に鉄芯を有する場合、コイル 3 とマグネット 2 との間に磁気吸引力が働く。この磁気吸引力はリニアモータの推力等の能力に依存するが、市販されているリニアモータの一例を挙げると、連続推力が 960 N の場合、磁気吸引力は 8 、 800 N 、連続推力が 3 、 000 N の場合、磁気吸引力が 45 、 000 N などである。この時のガイド部の摩擦力は、摩擦係数 $1 / 1$ 、 0.00 の LM ガイドを採用した場合、連続推力 960 N に対して摩擦力が 8.8 N 、連続推力 $3,000\text{ N}$ に対して摩擦力が 45 N である。

一方、摩擦係数 $1 / 20$ 、 0.00 の非接触式ガイドを採用した場合、連続推力 960 N に対して摩擦力が 0.44 N 、連続推力 $3,000\text{ N}$ に対して摩擦力が 2.25 N である。

【 0 0 1 7 】

次に、リニアエンコーダ 7 は、X 軸方向に配しており、可動板 6 の位置を計測する。ここでは、具体的にはベース板と可動板との相対位置を検出して、その位置の位置情報を出力している。

また、アシスト軸 8 は、固定部の X 軸方向に配している。このアシスト軸 8 はリニアエンコーダ 7 に同期して、つまり可動板 6 の動きに合わせて駆動する。アシスト軸 8 に、装置外に設置した制御機器などからの配線と配管のうち、可動部で使用する全ての配線（図中に太い実線で示す。図 3、図 12 においても同様）と配管を支持して固定している（この部分を支持部と呼ぶ）。アシスト軸に固定した配線と配管は、ともに緩ませた状態で可動板 6 に接続する。

【 0 0 1 8 】

10

ここで、可動部で使用する配線は、コイル 3 の動力線やセンサ線、リニアエンコーダ 7 の信号線などであり、配管は、非接触式ガイドである流体軸受の油圧配管や空気圧配管などである。また可動部側の配線はリニアエンコーダ 7 の信号線やコイル 3 の動力線などである。

【 0 0 1 9 】

このようなアシスト軸 8 を設けることにより、配線や配管を移動させるための力をアシスト軸 8 で生じさせ、可動板 6 に影響しないようにしている。つまり、コギングによる推力を測定する上で誤差要因となる配線や配管を移動させるための力の影響が可動板 6 に及ばない。また、測定用のアクチュエータ 10 は X 軸方向に配しており、可動板 6 とロードセル 9 を介して接続されている。この場合、ロードセル 9 が円筒形状のものであるとすると、その一面はアクチュエータ 10 にねじ等で固定され、この一面と平行な他面は可動板にねじ等で固定されている。これにより、可動板 6 と測定用のアクチュエータ 10 の間に働く力を測定できる。

20

具体的には、リニアモータのコギングによる推力を測定する場合には、測定用のアクチュエータ 10 を一定速度で動かし、この場合に、可動板 6 と測定用のアクチュエータ 10 の間に設置されたロードセル 9 が検出する力を測定する。また、リップルによる推力を測定する場合には、測定用のアクチュエータ 10 を静止させておき、リニアモータのコイルに電流を流した場合にリニアモータに発生する推力をロードセル 9 で検出し、これを複数の場所で測定する。

【 0 0 2 0 】

30

次に、測定対象となるリニアモータのコギングによる推力を測定する方法について、さらに詳しく説明する。ここでコギングによる推力とは、コイル 3 内の鉄芯がマグネット 2 の影響によりリニアモータの進行方向に発生する推力のことであり、その向きは鉄芯とマグネット 2 との位置関係により交互に反転する。

【 0 0 2 1 】

コギングによる推力を測定する手順を図 4 に示す。

まず、コイル 3 の動力線をアンプから切り離す（ステップ S 1）。次に、測定装置の電源を投入する（ステップ S 2）。その後、アクチュエータ 10 で可動板 6 を測定の開始位置へ移動する（ステップ S 3）。これで、測定の準備が完了する。準備が完了すれば、アクチュエータ 10 を一定の速度で駆動する（ステップ S 4）。この時、コイル 3 にはマグネット 2 との相対位置に応じて X 軸方向にコギングによる推力が発生する。詳しくはコイル 3 内の鉄芯がマグネット 2 に引き寄せられる力の大きさと向きが、場所により異なり、進行方向に対して前後方向に交互に力が発生する。

40

コイル 3 を一定速度で移動させている時の、可動板 6 の位置をリニアエンコーダ 7 で計測するとともに、アクチュエータ 10 が可動板 6 より受ける力をロードセル 9 で測定する（ステップ S 5）。この測定を、可動板 6 が終了位置に到達するまで続ける（ステップ S 6）。可動板 6 が測定の終了位置に到達すれば、アクチュエータ 10 を停止する（ステップ S 7）。その後、測定装置の電源を切り（ステップ S 8）、測定を終了する。

以上の手順により、コギングによる推力を測定できる。

【 0 0 2 2 】

50

ここで、コギングによる推力を測定するうえでの誤差要因について説明する。コギングによる推力の測定において、コイル3が移動することで逆起電圧や速度誘起電圧と呼ばれる電圧が発生する（以降は、逆起電圧の用語を用いて説明する）。これは、レンツの法則「電磁誘導によってコイルに誘導される起電力は、その起電力によって流れる電流がコイル内の磁束に変化を妨げるような方向に生ずる」によるものである。また電圧の大きさは、ファラデーの法則「電磁誘導によって生ずる起電力の大きさは、コイルを貫く磁束の変化の割合とコイルの巻数との相乗積に比例する」による。

【0023】

今回の測定装置においては、コイル3が移動することで逆起電圧が発生し、その大きさは、コイル3の移動速度に比例して大きくなることが分かる。この時、コイル3の動力線がアンプと接続されている場合、逆起電圧により電流が流れ、コイル3で新たな磁束を生成することでコギングによる推力とは異なる推力が生じ、コギングによる推力を測定する上での誤差要因になる。そこで、コイル3の動力線をアンプから物理的に切り離すことで、コイル3が移動しても新たな磁束が生成されず、コギングによる推力とは異なる推力の発生を抑制する。

【0024】

コギングによる推力の測定における誤差要因として、逆起電圧によるコギングによる推力とは異なる推力の影響以外に、ガイド部の摩擦や配線、配管を移動させるための力が挙げられるが、これらはそれぞれ、非接触式ガイドとアシスト軸8により対策済みである。

【0025】

本実施の形態で説明したリニアモータのコギングによる推力の測定方法によれば、コイルの動力線をアンプから切り離し、アクチュエータを一定速度で動かしながら可動板の位置と可動板とアクチュエータとの間に働く力を測定するため、コイルが移動することで発生する逆起電圧による、コギングによる推力以外の推力の影響を受けず、ロードセルにより直接、コギングによる推力を測定できる。

【0026】

次に、リップルによる推力を測定する方法について説明する。ここでリップルによる推力とは、コイル3に同じ電流を流しても、マグネット2との相対位置により推力が異なる現象である。

【0027】

リップルによる推力を測定する手順を図5に示す。まず、コイル3の動力線をアンプに接続する（ステップS101）。

次に、測定装置の電源を投入する（ステップS102）。電源を投入したら、コイル3とアクチュエータ10を同時に、リップルによる推力の測定開始位置へ移動する（ステップS103）。

ここで、コイル3とアクチュエータ10が同時に移動しない場合、ロードセル9に過剰な力が加わり、壊れる可能性がある。そこで、コイル3とアクチュエータ10を測定の開始位置へ移動した後、アクチュエータ10をその場から動かないようにロックする（ステップS104）。

アクチュエータ10をロックした後、コイル3に一定電流を印加することで、リニアモータに推力が発生する（ステップS105）。

この時の可動板6の位置をリニアエンコーダ7で、リニアモータの推力をロードセル9で測定する（ステップS106）。

測定後、コイル3への印加電流を止める（ステップS107）。

その後、アクチュエータ10のロックを解除する（ステップS108）。

測定終了の位置でなければ（ステップS109）、コイル3とアクチュエータ10を同時に、次にリップルによる推力を測定する位置へ移動する（ステップS110）。

移動後、前述のS105～S109の方法で可動板6の位置をリニアエンコーダ7で、リニアモータの推力をロードセル9で測定する。

可動板6が測定終了位置に到達すれば（ステップS109）、測定装置の電源を切り（

10

20

30

40

50

ステップ S 1 1 1)、測定を終了する。

以上の手順により、コイル 3 とマグネット 2 との相対位置と推力との関係、すなわちリップルによる推力が得られる。

【 0 0 2 8 】

上記において、アクチュエータ 1 0 をロックする方法として、測定したい位置を目標値としてアクチュエータ 1 0 の位置決め制御を行う、いわゆるサーボロックをかける方法、もしくはアクチュエータ 1 0 を物理的にロックする方法、がある。アクチュエータ 1 0 をロックすることで、リニアモータから推力を印加してもアクチュエータ 1 0 を動かないようにできる。

【 0 0 2 9 】

実施の形態 1 の発明に係るリニアモータのコギングによる推力とリップルによる推力の測定装置によれば、測定対象のリニアモータと、非接触式ガイドと、リニアエンコーダと、アシスト軸と、アクチュエータと、可動板と、アクチュエータと可動板の間に設けたロードセルとを有するといった測定装置であるため、コギングによる推力とリップルによる推力を測定する際、誤差要因であるガイド部の摩擦力、ならびに配線や配管を移動させるための力の影響を最小限に抑えることができる。

【 0 0 3 0 】

実施の形態 2 .

実施の形態 2 にて、複数のコイル 3 を用いてコギングによる推力とリップルによる推力を測定する方法について説明する。図 6 は、実施の形態 2 による複数のコイル 3 を有するリニアモータのコギングによる推力とリップルによる推力を測定する装置の上面図であり、図 7 は、図 6 の B - B 断面図である。ここで、座標系の取り方は、実施の形態 1 の場合と同様とする。また、図 6、図 7 においては、図 2 の場合と同様、配線、配管は図示していない。以下の図 8 ~ 図 1 0 も同様である。

【 0 0 3 1 】

この測定装置では、可動板 6 にコイル 3 を複数個取り付けしている。このコイル 3 の取り付け方の一例について以下説明する。コイル 3 を 2 個用い、コギングによる推力が倍増するように配した状態を図 8 に示す。ここで、マグネット 2 内の S 極と N 極の取付け間隔 (ピッチ) を P_m とする。また、2 個のコイル 3 の内部にある鉄芯 3 1 の内、互いのコイルに最も近い側の鉄芯 3 1 の中心間距離を P_c とする。

コイル 3 を 2 個用い、コギングによる推力が倍増するように配した状態とは、 P_m と P_c の関係が、 $P_c = N \times P_m$ を満たす状態のことである。ただし、 N は自然数である。

この時、2 個のコイル 3 とマグネット 2 との位置関係が同じであるため、それぞれのコギングによる推力は、理論上は、同じ大きさ、同じ向きであり、全体としてコギングによる推力が倍増する。

【 0 0 3 2 】

次に、コイル 3 を 2 個用い、コギングによる推力が最も小さくなるように配した状態を図 9 に示す。この時の P_m と P_c の関係は、 $P_c = (N + 0.5) \times P_m$ を満たしている。ただし、 N は自然数である。

この時、2 個のコイル 3 とマグネット 2 との位置関係が、 $0.5 \times P_m$ だけ、ずれているため、それぞれのコギングによる推力の向きが逆転し、全体としてコギングによる推力が最も小さい状態となる。

【 0 0 3 3 】

また、2 個のコイル 3 とマグネット 2 との位置関係が $0.25 \times P_m$ だけ、ずれている状態を図 1 0 に示す。この時の P_m と P_c との関係は $P_c = (N + M \times 0.25) \times P_m$ を満たしている。ただし、 N は零または自然数、 M は自然数である。

この時、2 個のコイル 3 とマグネット 2 との位置関係が、例えば、 $0.25 \times P_m$ だけ、ずれているため、それぞれのコギングによる推力の向きが逆転する箇所が生ずるため、全体としてコギングによる推力が小さい状態となる。

【 0 0 3 4 】

このように２個のコイル３を用いることで、全体のコギングによる推力を増加、もしくは減少させることができる。また、２個以外の複数のコイル３を用いた場合でも、コギングによる推力を測定する手順やリップルによる推力を測定する手順は実施の形態１と同じである。

【００３５】

ここで、この測定装置は、非接触式ガイドやアシスト軸８を採用しているため、複数のコイル３で互いのコギングによる推力をキャンセルした状態でも、ガイド部の摩擦力や配線、配管を移動させるための力の影響を受けることなく、コギングによる推力やリップルによる推力を測定できる。

【００３６】

実施の形態３．

コイル３の動力線をアンプから切り離せない場合のコギングによる推力の測定方法について図を用いて説明する。実施の形態１で説明した通り、コイル３が移動することで発生する逆起電圧は、コイル３の移動速度に比例する。そこで、コイル３が停止した状態でコギングによる推力を測定する。

【００３７】

具体的にコギングによる推力を測定する手順を図１１に示す。

まず測定装置の電源を投入する（ステップＳ２０１）。

電源を投入した後、コイル３の動力電源を切る（ステップＳ２０２）。これは一般的に、サーボオフと言われる。

コイル３の動力電源を切った後、アクチュエータ１０にて可動板６をコギングの測定開始位置に移動する（ステップＳ２０３）。

測定開始位置に移動した後、アクチュエータ１０がその場から動かないようにロックする（ステップＳ２０４）。ここで、アクチュエータ１０をロックする方法は、実施の形態１で説明したとおり、サーボロックをかける方法や、物理的にロックする方法がある。

アクチュエータ１０をロックした後、可動板６の位置をリニアエンコーダ７で、アクチュエータ１０が可動板６より受ける力をロードセル９で測定する（ステップＳ２０５）。

測定後、アクチュエータ１０のロックを解除する（ステップＳ２０６）。測定終了の位置でなければ（ステップＳ２０７）、アクチュエータ１０にて次にコギングを測定する位置へ可動板を移動する（ステップＳ２０８）。

移動後、前述のＳ２０４～Ｓ２０６の方法で可動板６の位置をリニアエンコーダ７で確認するため、アクチュエータ１０が可動板６より受ける力をロードセル９で測定する。可動板６が測定終了の位置に到達すれば（ステップＳ２０７）、測定装置の電源を切り（ステップＳ２０９）、測定を終了する。

以上の手順により、コイル３の動力線をアンプから切り離せない場合でも、コギングを測定できる。

【００３８】

本実施の形態に係るリニアモータのリップルの測定方法によれば、アクチュエータをロックし、コイルに一定の電流を印加し、可動板の位置と可動板とアクチュエータとの間に働く力を測定し、測定後、アクチュエータのロックを解除し、次の測定位置までコイルとアクチュエータを同時に移動し、再び上記手順による測定を測定終了の位置まで繰り返すため、コイルが移動することで発生する逆起電圧によるリニアモータの推力以外の推力の影響を受けず、またロードセルにより、直接、リップルを測定できる。

【００３９】

実施の形態４．

アシスト軸８を用意できない場合について説明する。図１２は、アシスト軸８を用意できない場合の測定装置の斜視図である。配線や配管を移動させるための力が、コギングやリップルを測定する上での影響を小さくする必要がある。そのため、配線、配管を測定装置の上方、例えば天井から吊るすことで、配線や配管を移動させるための力を小さくできる。これにより、アシスト軸８が無くても、配線や配管を移動させるための力の影響を小

10

20

30

40

50

さくすることができる。

また、アシスト軸 8 を用意できない測定装置におけるコギングとリップルを測定する方法は、コイル 3 の動力線をアンプから切り離せる場合は実施の形態 1 と同様であり、コイル 3 の動力線をアンプから切り離せない場合は実施の形態 3 と同様である。

【 0 0 4 0 】

なお、本発明は、その発明の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。例えば、非接触式ガイドとして、流体をスライド部に供給してガイドする流体軸受を用いた例について説明したが、これに限らず、磁気式の非接触式ガイドでもよい。また、以上の説明においては、誤差要因としてガイドの摩擦力と配線等を移動する力の影響の双方を考慮した場合について説明したが、誤差要因がガイドの摩擦力のみであっても、同様の議論が成立することは言うまでもない。

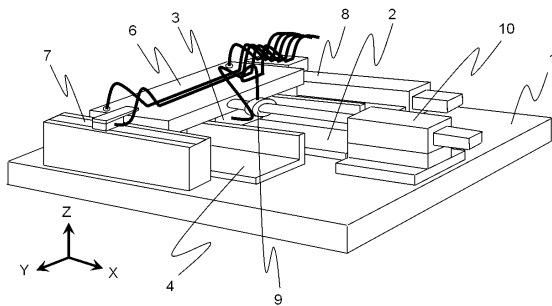
【符号の説明】

【 0 0 4 1 】

1 ベース、2 マグネット、3 コイル、4 ガイドレール、5 パッド、6 可動板、7 リニアエンコーダ、8 アシスト軸、9 ロードセル、10 (外部の)アクチュエータ、31 鉄芯

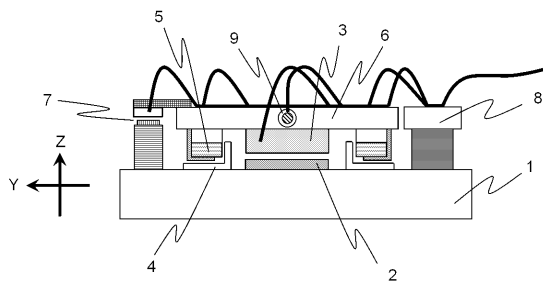
【 図 1 】

図1



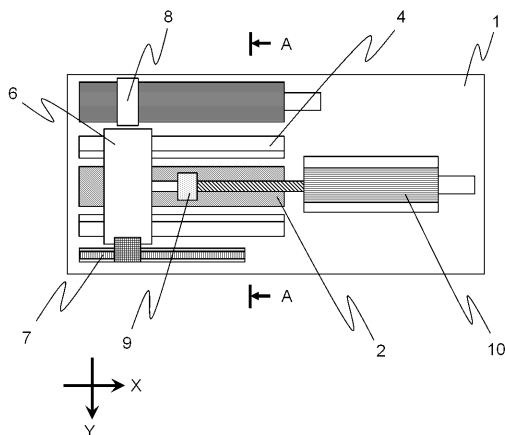
【 図 3 】

図3



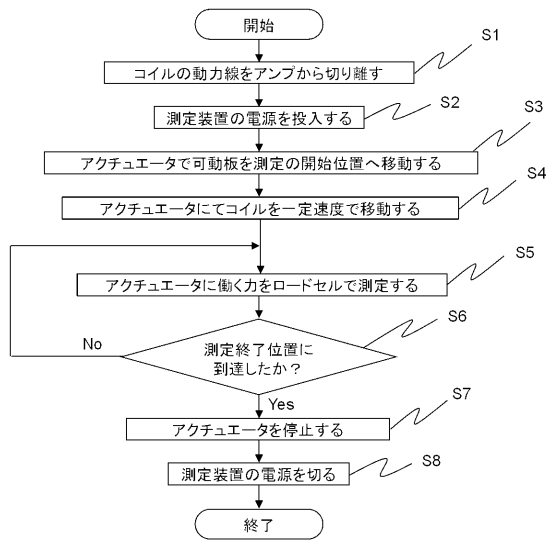
【 図 2 】

図2



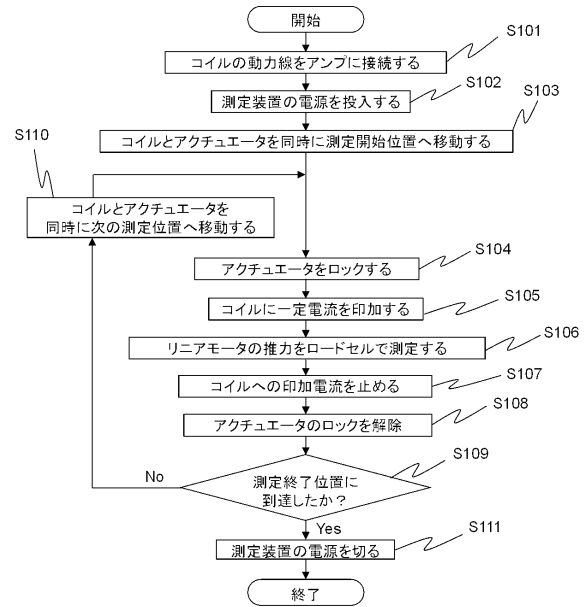
【図 4】

図4



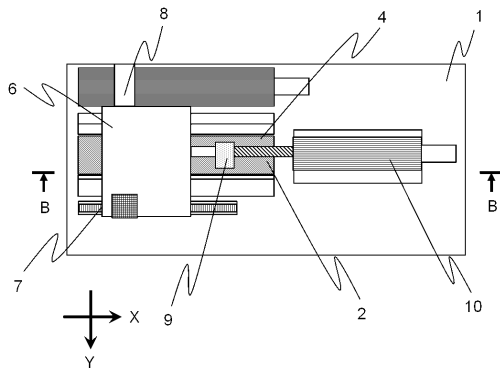
【図 5】

図5



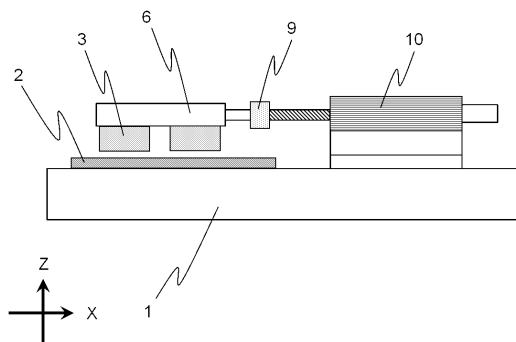
【図 6】

図6



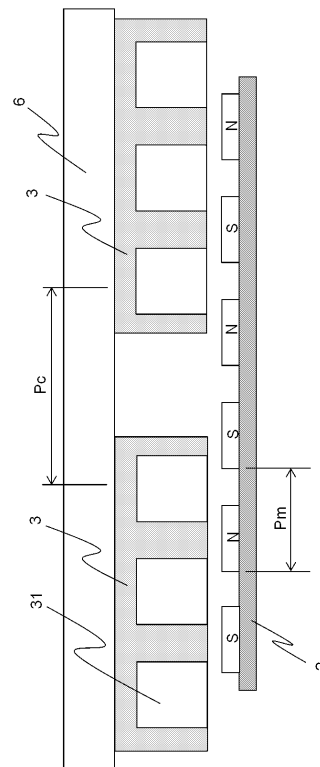
【図 7】

図7



【図 8】

図8



【図 9】

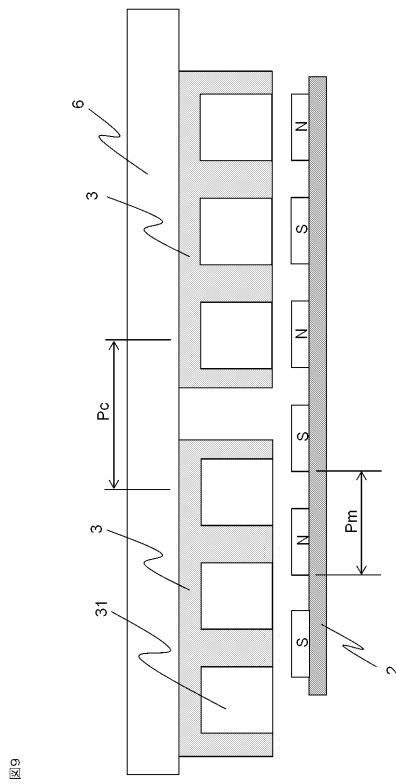


図9

【図 10】

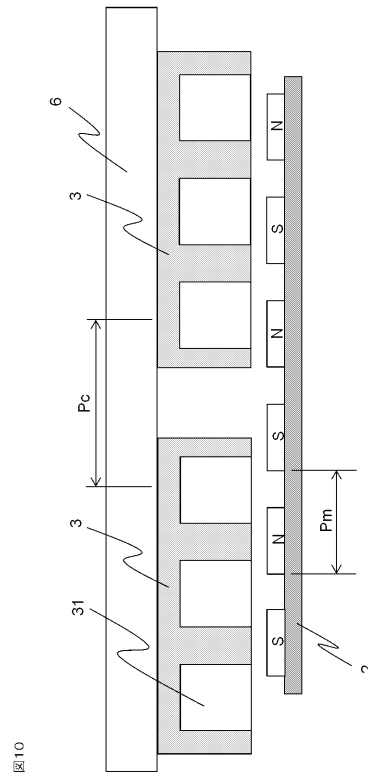
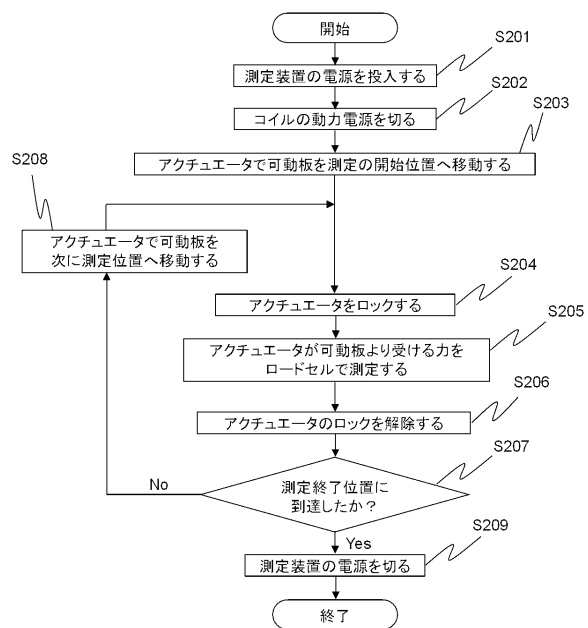


図10

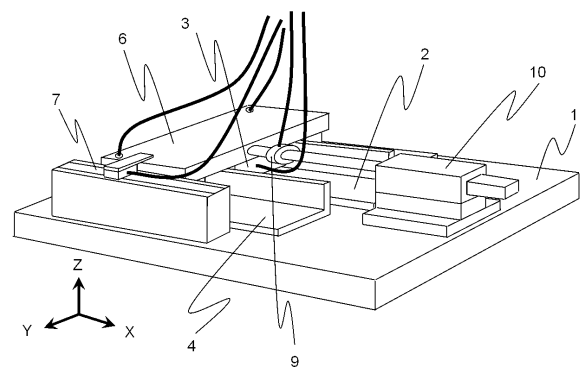
【図 11】

図11



【図 12】

図12



フロントページの続き

- (72)発明者 伊藤 昇
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
- (72)発明者 堀内 弥
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

審査官 公文代 康祐

- (56)参考文献 実開平02-075969(JP,U)
実開平02-072946(JP,U)
実開平03-063832(JP,U)
韓国公開特許第10-2011-0102715(KR,A)
米国特許出願公開第2008/0275661(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| G01L | 5/00 |
| G01L | 5/13 |
| G01L | 3/00 |
| H02K | 41/02 |
| G01R | 31/34 |