

(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
2018年4月19日(19.04.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/070339 A1

(51) 国際特許分類:

H02P 25/064 (2016.01) H02K 41/02 (2006.01)
F04B 35/04 (2006.01) H02K 41/03 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/036319

(22) 国際出願日: 2017年10月5日(05.10.2017)

(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 2016-201511 2016年10月13日(13.10.2016) JP

(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ
株式会社(HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS,

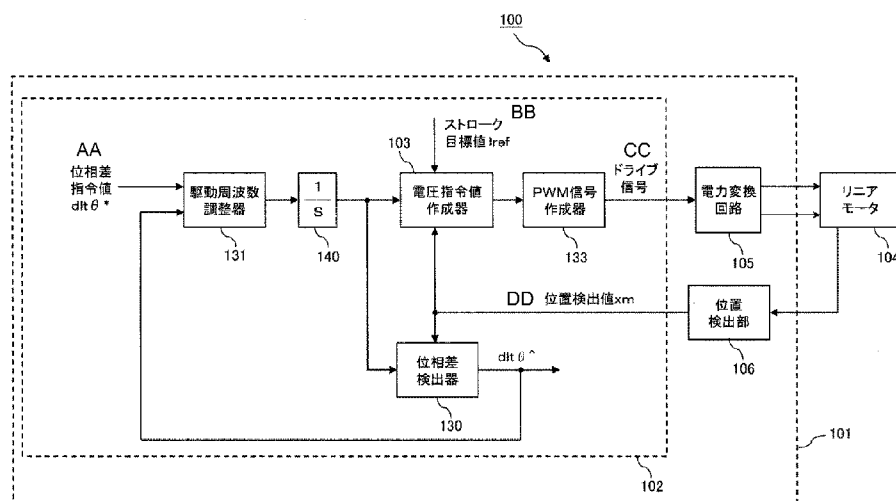
LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか
市高場2520番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 鈴木 尚礼 (SUZUKI Takahiro);
〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番
6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 永
田 修平 (NAGATA Shuhei); 〒1008280 東京都
千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社
日立製作所内 Tokyo (JP). 初瀬 渉 (HATSUSE
Wataru); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一
丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo
(JP). 小山 昌喜 (KOYAMA Masaki); 〒1008280
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(54) Title: LINEAR MOTOR CONTROL DEVICE AND COMPRESSOR EQUIPPED WITH SAME

(54) 発明の名称: リニアモータ制御装置及びこれを搭載した圧縮機

図 1



103 Voltage command value generator
104 Linear motor
105 Power conversion circuit
106 Position detection unit
130 Phase difference detector
131 Drive frequency adjuster

133 PWM signal generator
AA Phase difference command value
BB Stroke target value
CC Drive signal
DD Position detection value

(57) Abstract: Provided is a linear motor control device with improved precision with respect to estimating the resonance frequency immediately after startup; also provided is a compressor equipped with this linear motor control device. This linear motor control device is equipped with a winding to which an AC voltage is applied, and a movable element connected to an elastic body, and has an operation mode (1) in which the amplitude of the AC voltage is monotonically increased while keeping the frequency of the AC voltage substantially constant, and an operation mode (2) in which the frequency



(74) 代理人: ポレール特許業務法人 (POLAIRE I.P.C.); 〒1030025 東京都中央区日本橋茅場町二丁目13番11号 Tokyo (JP).

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

(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))

of the AC voltage is changed while keeping the amplitude of the AC voltage substantially constant, the operation modes being executed in order beginning with operation mode (1), and then operation mode (2).

(57) 要約: 起動直後の共振周波数の推定精度を向上し得るリニアモータ制御装置及びこれを搭載した圧縮機を提供する。交流電圧が印加される巻線と、弾性体が接続する可動子と、を備えるリニアモータ制御装置であって、交流電圧の周波数を略一定に保ちつつ交流電圧の振幅を単調増加させる運転モード(1)と、交流電圧の振幅を略一定に保ちつつ、交流電圧の周波数を変化させる運転モード(2)と、を有し、運転モード(1)、運転モード(2)の順で実行する。

明 細 書

発明の名称： リニアモータ制御装置及びこれを搭載した圧縮機 技術分野

[0001] 本発明は、リニアモータ制御装置及びこれを搭載した圧縮機に関する。

背景技術

[0002] 弾性体を接続させた可動子を、弾性体及び可動子の系における機械的な共振周波数で駆動させるリニアモータが知られている。機械的な共振周波数は、可動子の摩擦や、可動子に接続する負荷に応じて変動するため、共振周波数を効果的に推定することが望まれる。

例えば、特許文献１は、サーチコイルからの誘起電圧の位相を検出し、リニアモータに流れる電流位相との位相差を検出し、位相差に応じてピストンの共振周波数に一致させる構成が開示されている。また、特許文献１には、出力電圧の周波数に応じた値だけ出力電圧の電圧値を補正してピストンのストロークを一定に保持する構成が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開平１１－３５１１４３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１は、リニアコンプレッサの巻線にサーチコイルを具備し、誘起電圧の位相を検出している。しかしながら、サーチコイルを用いると配線が煩雑になるだけでなく、ノイズの影響を受けやすくなるため、高精度に共振周波数に制御することは容易ではない。また、起動時のように、早期に可動子振幅を確保してリニアモータの立ち上がりを行わせるのに適した制御については何ら考慮されていない。

[0005] そこで、本発明は、起動直後の共振周波数の推定精度を向上し得るリニアモータ制御装置及びこれを搭載した圧縮機を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するため、本発明のリニアモータ制御装置は、交流電圧が印加される巻線と、弾性体が接続する可動子と、を備えるリニアモータ制御装置であって、前記交流電圧の周波数を略一定に保ちつつ前記交流電圧の振幅を単調増加させる運転モード（１）と、前記交流電圧の振幅を略一定に保ちつつ、前記交流電圧の周波数を変化させる運転モード（２）と、を有し、前記運転モード（１）、前記運転モード（２）の順で実行することを特徴とする。

また、本発明の圧縮機は、交流電圧が印加される巻線と、弾性体が接続する可動子と、を備えるリニアモータ制御装置を有する圧縮機であって、前記リニアモータ制御装置は、前記交流電圧の周波数を略一定に保ちつつ前記交流電圧の振幅を単調増加させる運転モード（１）と、前記交流電圧の振幅を略一定に保ちつつ、前記交流電圧の周波数を変化させる運転モード（２）と、を有し、前記運転モード（１）、前記運転モード（２）の順で実行すると共に、前記可動子の位置を、前記巻線の電圧及び電流値を利用して推定することを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、起動直後の共振周波数の推定精度を向上し得るリニアモータ制御装置及びこれを搭載した圧縮機を提供することが可能となる。

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の一実施例に係る実施例１のリニアモータシステムの全体概略構成図である。

[図2]電機子の構成例の斜視図である。

[図3]磁極の縦断面と磁束の流れを示す模式図である。

[図4]磁極歯に発生する極性の説明図である。

[図5]可動子に接続される外部機構の説明図である。

[図6]駆動周波数とストロークの関係の説明図である。

[図7]可動子の位置と可動子の速度との位相関係、及び印加電圧と電流の位相関係の説明図である。

[図8]印加電圧と電流のベクトル図である。

[図9]電圧指令値作成器 1 0 3 の構成例を示す説明図である。

[図10]起動シーケンスの説明図である。

[図11]各モードにおける主要な指令値の時間変化を説明する図である。

[図12]位相差検出器の構成例及び駆動周波数と位相差検出器出力の関係の説明図である。

[図13]駆動周波数調整器 1 3 1 の構成例を示す説明図である。

[図14]ストローク指令作成器 1 5 1 の構成例を示す説明図である。

[図15]ストローク検出器 1 5 2 の構成例を示す説明図である。

[図16]ストローク制御器 1 5 3 の構成例を示す説明図である。

[図17]電力変換回路の構成例を示す図である。

[図18]本発明の他の実施例に係る実施例 2 のリニアモータシステムの全体概略構成図である。

[図19]実施例 2 の位相差検出器の構成例を示す説明図である。

[図20]実施例 2 の駆動周波数と位相差検出器出力の関係の説明図である。

[図21]位置推定部の構成例を示す説明図である。

[図22]本発明の他の実施例に係る実施例 3 の密閉型圧縮機の縦断面図である。

[図23]実施例 3 のリニアモータシステムの全体概略構成図である。

[図24]実施例 3 の起動シーケンスの説明図である。

[図25]実施例 3 のストローク制御器 3 5 3 の構成例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、添付の図面を参照しつつ本発明の実施例を詳細に説明する。同様の構成要素には同様の符号を付し、重複する説明を省略する。

本発明の各種の構成要素は、必ずしも個々に独立した存在である必要はな

く、複数の構成要素が一個の部材として形成されていること、一つの構成要素が複数の部材で形成されていること、或る構成要素が他の構成要素の一部であること、或る構成要素の一部と他の構成要素の一部とが重複していること、等を許容する。

実施例 1

[0010] 本実施例では、説明の便宜上、互いに直交する前後方向、左右方向、及び上下方向という語を用いるが、重力方向は必ずしも下方向に平行である必要はなく、前後方向、左右方向、上下方向又はそれ以外の方向に平行にすることができ。

[0011] <リニアモータ駆動装置 101>

図 1 は、本発明の一実施例に係る実施例 1 のリニアモータシステム 100 の全体概略構成図である。リニアモータシステム 100 は、リニアモータ駆動装置 101 と、リニアモータ 104 とから構成される。後述するようにリニアモータ 104 は、相対移動する電機子 9 及び可動子 6 を有する。

リニアモータ駆動装置 101 は、位置検出部 106 と、制御部 102 と、電力変換回路 105 を有する。

位置検出部 106 は、電機子 9 に対する可動子 6 の相対位置（可動子位置）を検出する。本実施例では、可動子 6 が鉛直方向に移動するが、電機子 9 及び可動子 6（界磁子）が相対移動すれば良く、電機子 9 が鉛直方向に移動する態様でも良い。なお、以下では、可動子 6 が鉛直方向に往復運動する場合を一例として説明するが、往復運動の方向は鉛直方向に限られるものではない。例えば、可動子 6 が水平方向に往復運動するよう構成しても良く、また、鉛直方向に対し任意の角度を有する方向に可動子 6 が往復運動する構成としても良い。また、これらは、電機子 9 についても同様である。

制御部 102 は、位置検出部 106 の検出結果に応じて、電力変換回路 105 への出力電圧指令値、又は電力変換回路 105 を駆動するドライブ信号（パルス信号）を出力する。

[0012] 詳細は後述するが、電力変換回路 105 は、直流電圧源 120 の電圧を変

換して交流電圧を出力する電力変換部の一例である。なお、直流電圧源 120 に代えて直流電流源を用いても良い。

[0013] <リニアモータ 104>

図 2 はリニアモータ 104 の斜視図（電機子の構成例の斜視図）である。本実施例のリニアモータ 104 は、電機子 9 に対して、永久磁石 2（2a, 2b）が並んだ方向（前後方向）に相対移動可能な可動子 6 を有する。電機子 9 は空隙を介して上下方向に対向する 2 つの磁極 7 と、磁極 7 に捲回された巻線 8 とを有している。可動子 6 は、この空隙に配置されている。磁極 7 は、可動子 6 に対向する端面としての磁極歯 70 を有している。

電機子 9 は、可動子 6 に対して前後方向の力（以下、推力と称する）を付与できる。例えば、後述するように、可動子 6 が前後方向に往復運動するように推力を制御できる。

可動子 6 は、上下方向に磁化した 2 つの平板状の永久磁石 2（2a, 2b）を有している。後側の永久磁石 2a 及び前側の永久磁石 2b は、互いに反対方向に磁化されている。本実施例では、後側の永久磁石 2a は上側に N 極を有し、前側の永久磁石 2b は上側に S 極を有している。図 2 では、永久磁石 2a, 2b は図示しているが、可動子 6 は図示していない。可動子 6 としては、例えば、平板状の永久磁石 2 を固定した平板状のものを採用できる。

制御部 102 は、可動子 6 を永久磁石 2a, 2b が電機子 9 に対向する範囲で往復運動させるようにドライブ信号を出力する。

[0014] 図 3 は、図 2 の A-A' 線に沿った平面での断面図である（A-A' 断面矢視図）。図 3 の矢印線は、2 つの巻線 8 に電流を流したときの磁束線の一例を示している。磁束の流れの向きは、巻線 8 に流れる電流の向きにより逆方向になり得るため、図に示す限りではない。この磁束線により、磁極歯 70 が磁化される。

[0015] [可動子 6 に付与する推力]

図 4 は磁極歯 70 の磁化により、可動子 6 が受ける推力を説明する図である。巻線 8 に流れる電流により生じる磁極歯 70 の極性を、図中の磁極歯 7

0近傍に付した「N」、「S」で表している。また、図4において白抜き矢印は巻線8を流れる電流の向きを示している。図4の左図は、巻線8を流れる電流により、上側の磁極歯70aが「S」、下部の磁極歯70bが「N」に磁化されることにより、可動子6が前方向に力を受け、可動子6が前に移動した例を示している。図4の右図は、巻線8を流れる電流により、上部の磁極歯70aが「N」、下部の磁極歯70bが「S」に磁化されることにより、可動子6が後ろ方向に力を受け、可動子6が後ろに移動した例を示している。

[0016] このように、巻線8に電圧や電流を印加することで、2つの磁極7を含む磁気回路に磁束を供給して、対向する2つの磁極歯70（磁極歯組）を磁化できる。電圧や電流として、例えば正弦波や矩形波（方形波）といった交流の電圧や電流を与えることで、可動子6を往復運動させる推力を与えることができる。これにより可動子6の運動を制御できる。

[0017] なお、可動子6に付与する推力は、印加する交流電流や交流電圧の振幅を変更することで変えられる。また、可動子6に付与する推力を公知の方法を用いて適切に変更することで、可動子6の変位を所望に変えられる。ここで、可動子6が往復運動（例えば、図4の左図及び右図のような磁極歯70の磁化を順次繰り返すことで可動子6に生じる運動）をする場合、交流波形的に変化する可動子6の変位の変化量をストロークと呼ぶ。

磁極歯70は磁性体であるため、永久磁石2を吸引する磁気吸引力が作用する。本実施例では可動子6を挟むよう間隙を介して2つの磁極歯70を対向配置しているため、可動子6に作用する磁気吸引力の合力を低減できる。

[0018] [可動子6外部の機構]

図5は、可動子6に接続される外部機構の説明図であり、例えば、コイルバネである共振バネ23によって構成される外部機構を可動子6の一端に接続し、そのバネ力により可動子6が戻される機構を説明する図である。共振バネ23は、一端が中間部24を介して可動子6に接続し、他端が基部25に固定されている。また、共振バネ23の延在方向と略平行に延在し、共振

バネ 23 を案内又は支持する側部 26 が設けられている。リニアモータ 104 を往復運動させる場合、可動子 6 の運動方向が変わる度に、加速と減速を繰り返す。減速時は、可動子 6 の速度エネルギーが電気エネルギーに変換される（回生動作）が、リニアモータ 104 への配線の抵抗によって損失が生じる。一方、図 5 のように、可動子 6 に共振バネ 23（アシストバネ）を付加し、可動子 6 の質量とバネ定数から決まる機械的な共振周波数で、可動子 6 を往復運動させる場合、可動子 6 の速度エネルギーを有効活用でき、高効率なリニアモータ駆動システムを構成することができる。共振バネ 23 に代えて、公知の弾性体を用いてもよい。このように構成すると、可動子 6（界磁子 6）が鉛直方向に移動する可動子（界磁子）移動型として構成されるが、可動子 6 に代えて電機子 9 に弾性体を接続して電機子 9 を鉛直方向に移動させる電機子移動型として構成しても良い。

[0019] 図 6 は、駆動周波数とストロークの関係の説明図であり、交流電圧の駆動周波数を横軸に、可動子 6 のストロークを縦軸にとり、これらの関係を示す図である。各駆動周波数における交流電圧の振幅は同一である。図 6 から分かるように、共振周波数付近で可動子 6 のストロークが急峻に大きくなり、共振周波数から離れるとストロークが小さくなる特性を示す。共振周波数は、共振バネ 23 のバネ定数 k を可動子 6 の質量 m で除した値の平方根で与えられるが、リニアモータ 104 の系によっては、この値は近似値となる。

このように、共振周波数又はこの近傍の駆動周波数の交流電圧を印加することで、大きなストローク（大きなエネルギー）で振動させることができる。つまり、可動子 6 に共振バネ 23 等の弾性体を付加したリニアモータ 104 を制御する場合には、可動子 6 の共振周波数を検出あるいは推定することが重要である。可動子 6 のストロークを所望に制御する場合においても可動子 6 の共振周波数を検出あるいは推定することが重要である。

[0020] [駆動時の位相関係]

図 7 は、可動子の位置と可動子の速度との位相関係、及び印加電圧と電流の位相関係の説明図である。リニアモータ 104 を駆動した際の、図 7 の上

図に可動子 6 の位置と速度の時間変化、図 7 に下図に印加電圧波形とリニアモータ 104 に流れる電流の時間変化の関係を示している。図 8 は、図 7 の交流波形をベクトルとして示した図である。可動子 6 の速度、印加電圧、およびモータ電流はほぼ同位相であることがわかる。

また、可動子 6 に共振バネ 23 を付加し、可動子 6 の質量とバネ定数から定まる機械的な共振周波数で可動子 6 を往復運動させる場合、可動子 6 の位置の位相は、巻線 8 への印加電圧 V_m 、モータ電流 I_m 、及び可動子 6 の速度の位相それぞれに対して 90 度の位相差となることが知られている。すなわち、これらの何れかの関係が成立している時は、共振周波数で駆動していると推定できる。

[0021] 製造バラつきによって可動子 6 の質量が想定からずれている場合や、可動子 6 に付加された負荷要素によって、共振バネ 23 に接続される質量が変化する場合は、共振周波数が変化してしまう。また、共振周波数が変化した状態から起動した場合、想定以上に可動子 6 のストロークが大きくなり、異音や振動が発生する場合がある。このような場合においても所望のストロークを得るためには、条件によって変化する共振周波数を高精度に検出あるいは推定することが好ましい。また、起動時等の過渡状態においても、所望のストロークの範囲に収めることが好ましい。以下、起動シーケンス、および共振周波数の検出又は推定方法について説明する。

[0022] <制御部 102 の概要>

図 1 等を参照して制御部 102 等について説明する。制御部 102 には、位置検出部 106 による位置検出値 x_m を入力する。入力された位置検出値 x_m は、制御部 102 が生成する位相指令値 θ^* と併せて位相差検出器 130 に入力されて、位相差推定値 $d | t \theta^{\wedge}$ が出力される。目標値である位相差指令値 $d | t \theta^*$ と位相差推定値 $d | t \theta^{\wedge}$ との偏差が駆動周波数調整器 131 に入力される。駆動周波数調整器 131 は周波数指令値 ω^* を出力する。周波数指令値 ω^* に基づく印加電圧が、リニアモータ 104 へ出力される。位置検出部 106 としては、可動子 6 及び電機子 9 の相対位置を検出する位置セ

ンサ、印加電圧 V_m やモータ電流 I_m 等を利用して相対位置を推定する演算部等を採用できる。すなわち、位置検出値 x_m は、位置センサによる検出値としても良いが、印加電圧 V_m やモータ電流 I_m を利用して得る推定値にもし得る。

[0023] <電圧指令値作成器 103>

図9は、電圧指令値作成器 103 の構成を示す説明図である。電圧指令値作成器 103 には、後述する位相指令値 θ^* と、上位制御器（図示せず）などから出力されるストローク目標値 I_{ref} と、位置検出値 x_m が入力され、単相の交流電圧指令値 V_m^* が出力される。一部の構成要素の詳細な説明は後述する。ストローク指令値 I^* 、位相指令値 θ^* 、速度指令値 v_m^* のいずれかを変更することにより、リニアモータ 104 に印加する電圧 V_m^* を調整することができる。つまり、印加電圧の振幅及び周波数を調整することで、駆動周波数を共振周波数に制御することやストロークを制御することが可能となる。

[0024] 本実施例では、上位制御器（図示せず）などから出力される目標値 I_{ref} に基準位相 θ^* の正弦 ($\sin \theta^*$) を乗じた値を、可動子 6 の位置指令値 x_m^* とする。まず、位相指令値 θ^* を余弦演算器 82b（入力値の余弦を出力）に入力し、位相指令値 θ^* に対する余弦 ($\cos \theta^*$) を得る。この余弦とストローク指令値 I^* と周波数指令値 ω^* とを乗算器 92d で乗じる。こうすることで、微分演算を行わずに可動子 6 の速度指令値 v_m^* を得ることができる。一般には、位置指令値 x_m^* 及び速度指令値 v_m^* の一方を正弦、他方を余弦にすることができる。なお、組み合わせによっては、負号を付加する必要があるが、これは当業者には明らかである。

[0025] さらに、可動子 6 の速度指令値 v_m^* を乗算器 92e で誘起電圧定数 K_e^* と乗じ、単相の交流電圧指令値 V_m^* を得る。

なお、電圧指令値作成器 103 には、上記以外にも公知の同期式モータの駆動電圧指令方法を適用することができる。ストローク指令作成器 151、ストローク検出器 152、及びストローク制御器 153 については後述する

。

[0026] 〔起動シーケンス〕

図10は、本実施例のリニアモータ104を起動する時の起動シーケンスを説明する図である。本実施例の起動シーケンスは、モード(1)ステップS162とモード(2)ステップS163の2つを含む。モード(1)では、駆動周波数を略一定にしつつ、ストロークが略ゼロから漸増するように制御する。これにより、可動子6が急激に動いてしまって他部材に衝突することを抑制できる。モード(2)では、まず、電圧の振幅を略一定に保ちつつ駆動周波数を変化させる制御を実行する。ストロークが変動すると、可動子6の摩擦損失量変動することで共振周波数値が変動するため、電圧の振幅の変動を抑制することでストローク変動を抑制し、共振周波数の探索を行いやすくできる。次にモード(2)では、電圧の振幅を増加させつつ駆動周波数を変化させる制御を実行する。モード(2)の序盤の制御により、概ね駆動周波数を共振周波数に近づけることができるため、その後に電圧の振幅を増加させれば、多少の共振周波数の変動にも追従しやすい。

[0027] 図11は、各モードにおける主要な指令値の時間変化を説明する図である。図11の(a)に示すように、時刻T0でリニアモータ104が起動、時刻T0から時刻T1にかけてモード(1)、時刻T1以降がモード(2)となって起動している。図11の(b)～(e)は横軸を時間とし、縦軸をそれぞれストローク指令値 l^* 、ストロークの検出値 l_m 、印加電圧の周波数(駆動周波数) ω^* 、印加電圧の振幅(電圧指令値の振幅) $|V_m^*|$ 、としている。

[0028] 上位制御器(図示せず)等からリニアモータ104の起動指令があった場合、リニアモータ104はモード(1)ステップS162に遷移する。モード(1)ステップS162では、ストローク指令 l^* を単調増加(例えば、線形増加)させる。ストローク指令値 l^* は、駆動周波数 ω^* が共振周波数に略一致しているかいないかで、ストローク検出値 l_m から乖離し得る。ストローク指令 l^* を増加させると、リニアモータ104は、印加する電圧の振幅 $|$

V_{m*} | を増加させる。それにつれて可動子 6 のストローク l_m も増加する。モード (1) ステップ S 1 6 2 では、駆動周波数指令値 ω_* は略一定値 ω_0 に維持される。

[0029] ストローク指令 l_* をゼロから単調増加させることにより、リニアモータ 1 0 4 の可動子 6 が急激に動き始めることを抑制でき、振動や騒音を低減できる。仮にストローク指令 l_* の初期値を非ゼロとした場合に、駆動周波数 ω_* の起動直後の値が共振周波数に略一致していると、可動子 6 の振幅が過度に大きくなってしまう恐れがある。

制御部 1 0 2 から出力される駆動周波数の初期値 (ω_0) は、共振バネ 2 3 を含むマスバネ系の共振周波数に略一致するように設定されることが好ましいが、共振周波数を高精度に推定することは容易ではない。例えば、可動子 6 の質量若しくは共振バネ 2 3 のバネ定数の偏差、又は可動子 6 に取付けられ得る負荷の変動等に起因して、推定値とは通常異なる。そのため、ストローク指令値 l_* は、ストローク検出値 l_m に対して、特に起動直後は乖離し易い。

[0030] したがって、図 1 1 の (b) に示すストローク指令 l_* に対し、図 1 1 の (c) に示す実際の可動子 6 のストローク l_m の方が小さい値となりやすく、例えば負荷が変動した際等に、ストローク l_m が過度に大きくなることを抑制できる。また、ストローク指令 l_* 又は電圧指令値の振幅を増加させつつも駆動周波数指令値 ω_* の変動を起動直後から抑えておくことで、駆動周波数 ω_* の初期値と共振周波数とが一致した場合もしていない場合も、実際のストローク l_m が過度に大きくなってしまふことを抑制できる。

モード (1) ステップ S 1 6 2 におけるストローク指令 l_* は、最大ストローク長 l_{s_max} (例えば、可動子 6 の最大可動長) よりも小さい値 $l_{s*} \_ 1$ である。仮に、想定以上に可動子 6 のストロークが大きくなった場合においても、可動子 6 や可動子 6 に付加された負荷要素が破損するのを避けることができるためである。

[0031] 電圧指令値 V_{m*} の振幅 $|V_{m*}|$ が、所定の値 (モード遷移電圧指令値 V

m^*1) に達したら、モード (2) ステップ S 1 6 3 に遷移する。モード遷移電圧指令値 V_{m^*1} に達した時刻を T_1 とする。モード遷移電圧指令値 V_{m^*1} は、共振周波数の検出又は推定が可能となる電圧指令値以上の値として決定することができる。これは、或る程度可動子 6 の振幅や速度が大きくないと、可動子 6 の共振周波数を推定することが困難であるためである。具体的には、リニアモータ 1 0 4 に印加する電圧の周波数や振幅と、共振周波数の検出又は推定の可否との関係性を予め取得しておくことで、モード遷移電圧指令値 V_{m^*1} を決定できる。

[0032] モード (2) ステップ S 1 6 3 は、共振周波数の検出又は推定をすると共に、その共振周波数に一致させるように、駆動周波数を制御する。ストローク指令値 l^* は略一定に維持される。時間 T_1 から時間 T_2 までの期間は、駆動周波数 ω^* が共振周波数 $\omega_{res} = \omega_1$ に近づく様に制御されると共に、ストローク検出値 l_m がストローク指令値 (l_{s^*1}) に近づく様に制御される。ストローク指令値 l^* とストローク検出値 l_m とが略一致する時間を T_2 とする。

時間 T_2 に達すると、リニアモータ駆動装置 1 0 1 は、ストローク指令値 l^* を増加させる、例えば最大ストローク長 l_{s_max} に変更する。それに応じて、電圧指令値 V_{m^*} の振幅 $|V_{m^*}|$ を制御する (増加させる) ことにより、ストローク検出値が、ストローク指令値 (l_{s_max}) に近づくように制御する。なお、時間 T_2 と時間 T_3 の期間では、可動子 6 に付加された負荷要素に変動が生じず、共振周波数に変化は無いと仮定しているため、駆動周波数は共振周波数を維持できるため、変化させない。尤も、負荷要素に変動が生じる場合も想定される。このような場合は、以下の時間 T_3 での制御を実行することが好ましい。

[0033] 時間 T_3 の時点で、例えば、可動子 6 に付加された負荷要素によって、共振バネ 2 3 に接続される質量が変化した (軽くなった) とする。共振バネ 2 3 に接続される質量が軽くなると、共振バネ 2 3 のバネ定数 k を可動子 6 の質量 m で除した値の平方根が大きくなり、共振周波数 ω_{res} は増加する。

このように、駆動周波数が共振周波数からズレてしまうと、図6の関係から分かるように、同一の電圧振幅を印加している状態では、ストロークが減少してしまう。

[0034] モード(2)ステップS163の期間では、上述のように、共振周波数を検出又は推定すると共に、その共振周波数に一致させるように、駆動周波数を制御する。そのため、駆動周波数 ω^* が共振周波数 ω_{res} ($>\omega_1$) に近づく様に制御される(駆動周波数を高くする)。このとき、好ましくはストローク検出値 I_m がストローク指令値(I_{s_max})に近づく様に、電圧指令値 V_m^* の振幅 $|V_m^*|$ を増加させる。

他方、負荷要素が重くなった場合は、駆動周波数 ω^* を低くする。なお、負荷要素としては、単に質量でも良いし、リニアモータ104に接続させられて仕事を受けるものでもよい。なお、駆動周波数が共振周波数に一致しているかズレているかは、例えば電流値を観測して判定するなど、種々公知の方法で判定できる。リニアモータ104のバネ定数は変動しないため、共振周波数の変動に応じて質量が変動したものと検出することができる。

[0035] <制御部102の詳細>

図1に例示する制御部102は、位相差検出器130と、位相差検出器130の出力 $dI_t\theta^{\wedge}$ 及び位相差指令値 $dI_t\theta^*$ を基に、位相差推定値 $dI_t\theta^{\wedge}$ が位相差指令値 $dI_t\theta^*$ に追従するように駆動周波数指令値 ω^* を調整する駆動周波数調整器131と、駆動周波数指令値 ω^* を積分して位相指令値 θ^* を作成する積分器140と、位相指令値 θ^* 及び可動子6のストローク指令値 I^* (ストローク目標値 I_{ref})を基に電圧指令値 V^* を出力する電圧指令値作成器103と、電圧指令値 V^* と三角波キャリア信号を比較して、電圧を出力する電力変換回路105を駆動するドライブ信号を出力するPWM信号生成器133から構成される。なお、電力変換回路105は、電流を出力する態様であってもよい。この場合は、電圧指令値作成器103に代えて電流指令値作成器を設ければよい。

[0036] <基準位相作成器>

可動子 6 及び電機子 9 の相対位置 x_m の情報を得ることについて、位置センサを用いる場合はその出力を利用すれば良いため、適宜公知の位置センサを用いればよい。可動子 6 の位置の位相と、巻線 8 への印加電圧 V_m またはモータ電流 I_m との位相差から共振周波数を推定する構成について説明するが、まずは位相の基準となる基準位相（可動子 6 の位相）について説明する。

[0037] 本実施例の基準位相（位相指令値 θ^* ）は、図 1 の駆動周波数調整器 131 の出力である駆動周波数指令値 ω^* を基準位相作成器としての積分器 140 で積分することで得る。すなわち、基準位相は、印加電圧 V_m (θ^*) の目標周波数に相当する駆動周波数指令値 ω^* を持つ波動の各時刻の位相 θ^* である。このように本実施例では、基準位相 θ^* として駆動周波数調整器 131 の駆動周波数指令値 ω^* の積分値を用いているが、例えば可動子 6 を含む振動体の機械共振周波数の積分値に固定してもよい。

印加電圧 V_m の位相として基準位相 θ^* を用いることで、例えば、可動子 6 の位置を検出あるいは推定する際にも基準位相 θ^* を適用できる。基準位相 θ^* は、駆動周波数指令値 ω^* が一定の間は、例えば、各時刻に対して $[-\pi, \pi]$ 、 $[0, 2\pi]$ 、又はこれより広い範囲を値域とする、のこぎり波としたり、時刻に対して線形に増加するようにしてもよい。後述するように駆動周波数指令値 ω^* が変動した場合は、これに応じたのこぎり波や線形な増加の形状が変動する（傾きが変化する）。

[0038] もちろん、位置検出部 106 による位置検出値 x_m を用いて基準位相 θ^* を得ても良い。位置検出値 x_m を用いる場合は、例えば、可動子 6 が往復運動する一周期の変位の総移動長を 360° とし、基準位置（例えば、往復運動の中間点、往復運動の最大や最小の位置）からの可動子 6 の位置（＝変位）と、総移動長に相当する長さとの比から、基準位相 θ^* を求めることができる。

[0039] <位相差検出器 130>

可動子 6 が往復運動している場合、可動子 6 の位置 x_m は周期関数となる

。周期関数はフーリエ級数で表せるため、フーリエ変換式を用いて可動子 6 の位置 x_m を表すと、次式 (1) のように定義できる。

[0040] [数1]

$$x_m = x_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \{a_n \cdot \cos(n\omega_0 t) + b_n \cdot \sin(n\omega_0 t)\} \quad \dots (1)$$

[0041] ここで、 x_0 は直流オフセット値、 a_n および b_n は n 次のフーリエ係数であり、次式 (2) 及び式 (3) で求められる。

[0042] [数2]

$$a_n = \frac{2}{T_0} \cdot \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} x_m \cdot \cos(n\omega_0 t) dt \quad \dots (2)$$

[0043] [数3]

$$b_n = \frac{2}{T_0} \cdot \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} x_m \cdot \sin(n\omega_0 t) dt \quad \dots (3)$$

[0044] ここで、 T_0 は基本波の周期 (可動子 6 の往復運動する周期)、つまり 1 次周波数 (駆動周波数) の逆数である。

[0045] 可動子 6 を共振周波数で駆動させようと制御する場合、高次成分は重要ではなく、1 次成分、つまり駆動周波数成分に注目すればよい。特に、可動子 6 の位置 x_m の 1 次周波数成分 (駆動周波数成分) の位相が重要である。1 次のフーリエ係数の逆正接により、正弦波状の印加電圧 V に対する可動子 6 の位置 x_m を次式 (4) で求めることができる。

[0046] [数4]

$$\theta_{pos}^{\wedge} = \tan^{-1} \left(\frac{b_1}{a_1} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\int_{-2\pi}^0 x_m \cdot \sin \omega_0 t dt}{\int_{-2\pi}^0 x_m \cdot \cos \omega_0 t dt} \right) \quad \dots (4)$$

[0047] 式 (4) では、積分範囲を $-2\pi \sim 0$ としている。これは、位相差検出器 130 をマイコンや DSP (Digital Signal Proces

s o r) 等の半導体集積回路等で実現する場合に、過去の情報しか取得できないためである。

[0048] 図12は、位相差検出器の構成例及び駆動周波数と位相差検出器出力の関係の説明図であり、図12の上図は式(4)をブロック図で示した場合の説明図、図12の下図は駆動周波数と位相差検出器130の出力の関係の説明図である。位相指令値 θ^* を正弦演算器81(入力値の正弦を出力)と余弦演算器82(入力値の余弦を出力)それぞれに入力し、位相指令値 θ^* に対する正弦および余弦を得る。正弦および余弦それぞれを可動子6の位置 x_m と乗算した値が乗算器92から出力される。その出力をそれぞれ積分器94a, 94bで積分すると、正弦および余弦それぞれの1次のフーリエ係数を得る。すなわち、フーリエ展開の駆動周波数 ω より高次の周波数成分を消去できるので、高次のノイズに対してロバストに構成できる。

[0049] 積分器94a, 94bの出力を逆正接器86に入力する。逆正接器86は、入力された正弦および余弦成分を基に逆正接値を出力する。本実施例の逆正接器86は、分子を積分器94aの出力、分母を積分器94bの出力とした位相の逆正接値を出力するが、分子と分母を逆にした値を出力しても良い。図12の下図は、交流電圧の周波数(横軸)と、逆正接器86の出力値(位相差 $d | t \theta^{\wedge}$)(縦軸)の関係を示す図である。図12の下図から分かるように、本実施例では、駆動周波数が共振周波数に一致する場合、 90° が逆正接器86から出力される。逆正接器86から出力される値は、駆動周波数が共振周波数より高い場合は 90° より大きく、駆動周波数が共振周波数より低い場合は、 90° より小さい。これにより、基準位相 θ^* に対する位相差検出器130への入力交流信号(本実施例では、可動子6の位置 x_m)の1次周波数成分の位相差 $d | t \theta^{\wedge}$ を求めることができ、共振周波数の推定が可能になる。そして例えば、位相差 $d | t \theta^{\wedge}$ が 90° 超の場合は、位相差 $d | t \theta^{\wedge}$ が低下するように制御し、 90° 未満の場合は、増加するように制御すればよい。基準位相 θ^* と基本周波数 θ とが同値となるときの位相差 $d | t \theta^{\wedge}$ を目標値 $d | t \theta^*$ として制御することが好ましい。

なお、積分器 94 a、94 b に代えて、不完全積分器を用いることができる。不完全積分器はローパスフィルタの一種で、1 次遅れフィルタと同様の構成にできる。その他、不完全積分器に代えて又は追加して、積分器 94 a、94 b（又は不完全積分器）より前段に、ハイパスフィルタ（図示せず）を設けることができる。ハイパスフィルタの遮断周波数としては、例えば 10 又は 5 Hz 以下にすることができる。

[0050] このように、位相差検出器 130 は、駆動周波数成分の 1 次のフーリエ係数の比の逆正接を用い、交流電圧指令値 V^* に対する可動子 6 の位置 x_m の位相 θ を求めるとき、位相差検出器 130 への入力交流信号の 1 次周波数成分のみに大きな感度を有する。つまり、例えば、可動子 6 の位置 x_m に、直流オフセットや高次のノイズが重畳された場合においても、基準位相 θ^* に対する位相差検出器 130 への入力交流信号の 1 次周波数成分の位相 $d \mid t \theta$ をより正確に求められる。また、ハイパスフィルタを上記のように設ける場合は、さらに駆動周波数 ω より小さな周波数に対してもロバストに構成できる。

したがって、可動子 6 の位置検出方法として、ノイズが重畳され易いシステム、例えばインダクタンスの可動子位置依存性が大きいシステムや、近傍に別の機器が存在するシステムを採用する場合に、特に有効な制御を実現できる。このように、高精度に共振周波数を検出あるいは推定し、高効率なりニアモータ駆動を実現することができる。

[0051] <駆動周波数調整器 131>

図 13 は、駆動周波数調整器 131 の構成例を説明する図である。周波数指令切替器 155 は、モード（1）とモード（2）とを切り替える指令であるモード切替信号（mode SW）に従って、2 つの入力を切り替える。モード（1）ステップ S162（図 10）においては、周波数指令切替器 155 の A 側に入力されている値を出力する。つまり、駆動周波数指令の初期値（ ω_0 ）がそのまま周波数指令値 ω^* として出力される。モード（2）ステップ S163（図 10）においては、周波数指令切替器 155 の B 側に入力さ

れている値を出力する。B側に入力されている値は次のように決定される。

[0052] 駆動周波数調整器131は、位相差指令値 $d \mid t \theta^*$ （例えば、 90° ）と位相差検出器130で求めた位相差 $d \mid t \theta^\wedge$ の差を減算器91で求め、これに乗算器92bで比例ゲイン $K_{p\_a d t r}$ を乗じて比例制御した演算結果と、乗算器92cで積分ゲイン $K_{i\_a d t r}$ を乗じ、その結果を積分器94cで積分する積分制御した演算結果とを加算器90で加算し、駆動周波数指令値 ω^* を出力する。

[0053] なお、位相差指令値 $d \mid t \theta^*$ は、上位の制御器（本実施例では示していない）から得ても良いし、本実施例のように予め例えば 90° と設定しても良い。また、本実施例の駆動周波数調整器131は、比例積分制御の構成であるが、比例制御や積分制御など、他の制御構成も適用できる。

[0054] [高効率駆動の実現]

リニアモータ104を可動子6の質量とバネ定数から定まる機械的な共振周波数で駆動する場合の位相差検出器130と駆動周波数調整器131の動作を説明する。

例えば、可動子6の質量が設計値よりも重かった場合、実際の共振周波数は、設計値よりも低くなる。つまり、可動子6の質量設計値を用いて駆動周波数の初期値を決めた場合（設計値を利用して駆動周波数指令値 ω^* の初期値を決めた場合）には、実際の共振周波数よりも高い周波数で駆動することになる。この時、位相差検出器130で求めた位相差 $d \mid t \theta^\wedge$ は、位相差指令値 $d \mid t \theta^*$ よりも大きい値となる。そのため、駆動周波数調整器131は、駆動周波数指令値 ω^* を減少させる制御を実行し、その結果、駆動周波数指令値 ω^* が実際の共振周波数に一致する。したがって、可動子6の速度エネルギーを有効活用でき、高効率にリニアモータ104を駆動することができる。

[0055] <電圧指令値作成器103>

図9を参照しつつ説明したように、電圧指令値作成器103には位相指令値 θ^* とストローク指令値 l^* が入力され、単相の交流電圧指令値 V_{m^*} が出力

される。詳細について以下説明する。

ストローク指令切替器 150 は、図 13 に示したモード切替信号 (mode SW) に従って、2つの入力を切り替える。ストローク指令値 l^* 、位相指令値 θ^* 、速度指令値 v_m^* のいずれかを変更することにより、リニアモータ 104 に印加する電圧を調整することができる。つまり、印加電圧の振幅及び周波数を調整することで、駆動周波数を共振周波数に制御することやストロークを制御することが可能となる。

[0056] モード (1) ステップ S162 (図 10) においては、ストローク指令切替器 150 (図 9 等参照) の A 側に入力されているストローク指令作成器 151 の出力値を出力する。

[0057] 図 14 は、ストローク指令作成器 151 の構成を説明する図である。上位制御器 (図示せず) 等からリニアモータ 104 の起動指令 (起動信号 (Motor Start)) が入力されると、起動信号切替器 160 の出力が起動指令に応じて 0 から 1 に変わる。起動信号切替器 160 の出力をストローク増加レート演算器 161 でストローク目標値 l_{ref} への到達時間 (T_{inc}) で除し、乗算器 162 でストローク目標値 l_{ref} と乗算し、乗じた値を積分器 163 で、積分する。これにより、傾きが l_{ref}/T_{inc} の信号が得られる。次に、制限器 164 で、制限値入力 (図 14 の例では、ストローク目標値 l_{ref}) の値に制限され、ストローク指令値 l^*_A を得る。

モード (2) ステップ 163 (図 10) においては、ストローク指令切替器 150 (図 9) の B 側に入力されているストローク制御器 153 の出力値を出力する。ストローク制御器 153 には、ストローク検出器 152 の出力等が入力される。

[0058] 図 15 は、ストローク検出器 152 の構成例を説明する図である。最大値検出器 170 および最小値検出器 171 は、所定の期間 (例えば、基準位相 θ^* の $[0, 2\pi]$ 期間) における、入力値 (図 15 の例では、位置検出値 x_m) の最大値および最小値を出力する。両者を加算器 172 で加算した後、

乗算器 173 で $1/2$ を乗ずることにより、ストローク検出値 I_m を得る。

[0059] 図 16 は、ストローク制御器 153 の構成例を説明する図である。ストローク制御器 153 は、ストローク目標値 I_{ref} とストローク検出器 152 で求めたストローク検出値 I_m の差を減算器 175 で求め、これに乗算器 176 で比例ゲイン K_{p_stl} を乗じて比例制御した演算結果と、乗算器 177 で積分ゲイン K_{i_stl} を乗じ、その結果を積分器 178 で積分する積分制御した演算結果とを加算器 179 で加算し、ストローク指令値 I^*_B を出力する。

[0060] <PWM 信号作成器 133>

PWM 信号作成器 133 には、三角波のキャリア信号と電圧指令値 V_m^* を比較することによる公知のパルス幅変調を用い、電圧指令値 V_m^* に応じたドライブ信号が生成される。

[0061] <電力変換回路 105>

図 17 は、電力変換回路 105 を含む構成例を説明する図である。フルブリッジ回路 126 は、制御部 102 より入力されたドライブ信号に応じて直流電圧源 120 をスイッチングして、リニアモータ 104 に電圧を出力する。フルブリッジ回路 126 は 4 つのスイッチング素子 122 を備えており、直列接続されたスイッチング素子 122a, 122b を持つ第一上下アーム（以下、U 相という。）と、スイッチング素子 122c, 122d を持つ第二上下アーム（以下、V 相という。）と、を構成している。スイッチング素子 122 は、制御部 102 で生成される電圧指令値やパルス幅変調によるドライブ信号を基に、ゲートドライバ回路 123 が出力するパルス状のゲート信号（124a～124d）に応じてスイッチング動作できる。

スイッチング素子 122 の導通状態（オン／オフ）を制御することにより、直流電圧源 120 の直流電圧を交流電圧に相当する電圧を巻線 8 に出力できる。なお、直流電圧源 120 に代えて直流電流源を用いても良い。スイッチング素子 122 としては、例えば、IGBT や MOS-FET などの半導体スイッチング素子を採用できる。

[0062] [リニアモータ 104 との結線]

電力変換回路 105 の第一上下アームのスイッチング素子 122 a, 122 b 間および第二上下アームのスイッチング素子 122 c, 122 d 間それぞれが、リニアモータ 104 に接続されている。図 17 では、上側および下側の電機子 9 の巻線 8 が並列に接続されている例を示しているが、巻線 8 を直列に接続することもできる。

[0063] [電流検出手段 107]

U 相下アームと V 相下アームには、例えば CT（カレントトランス）等の電流検出器 107 を設けることができる。これにより、リニアモータ 104 の巻線に流れる電流 I_m を検出できる。

電流検出器 107 として、たとえば、CT に代えて、電力変換回路 105 の下アームにシャント抵抗 125 を付加し、シャント抵抗 125 に流れる電流からリニアモータ 104 に流れる電流を検出する相シャント電流方式を採用できる。電流検出手段 107 に代えて又は追加して、電力変換回路 105 の直流側に付加されたシャント抵抗 125 に流れる直流電流から、電力変換回路 105 の交流側の電流を検出するシングルシャント電流検出方式を採用しても良い。シングルシャント電流検出方式は、電力変換回路 105 を構成するスイッチング素子 122 の通電状態によって、シャント抵抗 125 に流れる電流が時間的に変化することを利用している。

[0064] なお、モード遷移電圧指令値 $V_m * 1$ は、電力変換回路の直流電圧源 120 にある比率を乗じて求めた値や、リニアモータ 104 の誘起電圧と電力変換回路の直流電圧源 120 の比率、または、可動子 6 の最大ストローク長に対する可動子 6 の位置 x_m の比率などによっても決定することができる。

[0065] 以上のように、本実施例によれば、交流電圧の周波数を略一定に保ち振幅を単調増加させる運転モード（1）と、可動子の交流電圧と可動子位置の位相差を求め、可動子のストロークを一定に保ちつつ、その位相差が所定値となるように、交流電圧の周波数を変化させる運転モード（2）を備えることにより、起動時の負荷によらず可動子 6 のストロークを所望のストロークに

制御し、安定な起動を実現できる。

本実施例は、可動子等の質量の偏差等に対応した効果を奏し得るため、負荷が変動しない場合でも有効である。

実施例 2

[0066] 本実施例の構成は、下記の点を除き実施例 1 と同様にできる。本実施例は、モータ電流 I_m を利用して共振周波数を推定すると共に、印加電圧 V_m やモータ電流 I_m 等を利用して相対位置を推定する。

[0067] <リニアモータ駆動装置 201>

図 18 は、本発明の他の実施例に係る実施例 2 のリニアモータシステム 200 の全体概略構成図である。リニアモータシステム 200 は、リニアモータ駆動装置 201 と、リニアモータ 104 から構成される。

[0068] リニアモータ駆動装置 201 は、少なくとも位置推定部 208 と位相差検出器 230 を有する制御部 202 と、電流検出器 207 と、電力変換回路 105 を有する。

[0069] <位相差検出器 230>

図 19 は、本実施例の位相差検出器 230 の構成例を示す説明図である。位相指令値 θ^* (基準位相 θ^*) を正弦演算器 81 (入力値の正弦を出力) と余弦演算器 82 (入力値の余弦を出力) それぞれに入力し、位相指令値 θ^* (基準位相 θ^*) に対する正弦および余弦を得る。正弦および余弦それぞれをモータ電流 I_m と乗算した値が乗算器 92 から出力される。その出力をそれぞれ、遅れフィルタの一例である一次遅れフィルタ 141a, 141b で演算すると、正弦および余弦それぞれの 1 次のフーリエ係数を得る。すなわち、フーリエ展開の駆動周波数 ω より高次の周波数成分を消去できるので、高次のノイズに対してロバストに構成できる。

一次遅れフィルタ 141a, 141b の出力を逆正接器 86 に入力する。逆正接器 86 は、入力された正弦および余弦成分を基に逆正接値を出力する。本実施例の逆正接器 86 は、分子を一次遅れフィルタ 141a の出力の負値、分母を一次遅れフィルタ 141b の出力とした位相の逆正接値を出力す

る。もちろん、実施例１で説明したように、分子と分母を逆にした値を出力しても良い。

[0070] 図２０は、交流電圧の駆動周波数（横軸）と、逆正接器８６の出力値（位相差 $d \mid t \theta$ ）（縦軸）の関係を示す図である。本実施例では、駆動周波数が共振周波数である場合、 0° が逆正接器８６から出力される。逆正接器８６から出力される値は、駆動周波数が共振周波数より高い場合は 0° より大きく、駆動周波数が共振周波数より低い場合は、 0° より小さい。これにより、基準位相 θ^* に対する位相差検出器２３０への入力交流信号（本実施例では、可動子６の位置 x_m ）の１次周波数成分の位相差 $d \mid t \theta$ を求めることができ、共振周波数の推定が可能になる。

[0071] <位置推定手段２０８>

位置推定部２０８は、可動子６の位置を推定する。例えばリニアモータ１０４に印加する電圧 V_m と、リニアモータ１０４に流れる電流 I_m を利用して、例えば次式（５）で位置推定値 $x_m^{\wedge}$ を求める。

[0072] [数５]

$$x_m^{\wedge} = \frac{1}{K_e^*} \left\{ \int (V_m^* - R_m^* \cdot I_m) dt - L_m^* \cdot I_m \right\} \quad \dots (5)$$

[0073] 式中、 V_m^* はリニアモータ１０４に印加する電圧指令値 V_m^* である。

[0074] 図２１は、位置推定部２０８の構成例を示す説明図であり、式（５）をブロック図で示した場合の説明図である。なお、位置推定部２０８には、上記以外にも公知の同期式モータの位置推定方法を適用することができる。位置推定値 $x_m^{\wedge}$ を図１５のストローク検出器１５２に入力すれば、所望のストロークに制御することができる。

[0075] このように、本実施例によれば、リニアモータ１０４に印加する電圧と、リニアモータ１０４に流れる電流から可動子６の位置を推定し、位置推定値を基に、高精度に共振周波数を検出あるいは推定することで高効率なリニアモータ駆動を提供することができる。さらに、交流電圧の周波数を一定に保ち振幅を単調増加させる運転モード（１）と、可動子の交流電圧と可動子位

置の位相差を求め、可動子のストロークを一定に保ちつつ、その位相差が所定値となるように、交流電圧の周波数を変化させる運転モード（２）を備えることにより、起動時の負荷によらず可動子の６のストロークを所望のストロークに制御し、安定な起動を実現できるリニアモータ駆動を実現することができる。

実施例 ３

[0076] 本実施例の構成は、下記の点を除き実施例１又は２と同様にできる。本実施例は、リニアモータシステム１００を搭載した機器の一例としての密閉型圧縮機５０に関する。機器としては、往復運動する振動体（可動子６）に対して、その位相 θ や駆動周波数 ω に応じて変動する負荷を与えるもの等を用いることができる。

[0077] ＜密閉型圧縮機５０＞

図２２は、本発明の他の実施例に係る実施例３の密閉型圧縮機の縦断面図であり、リニアモータ１０４を有する密閉型圧縮機５０の縦断面図の一例である。密閉型圧縮機５０は、圧縮要素２０と電動要素３０とが密閉容器３内に配置されたレシプロ圧縮機である。圧縮要素２０及び電動要素３０は支持バネ４９によって密閉容器３内に弾性的に支持されている。電動要素３０は、可動子６及び電機子９を含む。

[0078] 圧縮要素２０はシリンダ１ａを形成するシリンダブロック１と、シリンダブロック１の端面に組み立てられるシリンダヘッド１６と、吐出室空間を形成するヘッドカバー１７とを備えている。シリンダ１ａ内に供給された作動流体はピストン４の往復動によって圧縮され、圧縮された作動流体は圧縮機外部に連通する吐出管（図示せず）へと送られる。

可動子６の一端にはピストン４が取り付けられている。本実施例では、可動子６及びピストン４が往復運動することで、作動流体を圧縮及び膨張させる。この圧縮及び膨張に要する仕事等が変動する負荷に相当する。電動要素３０の片端には圧縮要素２０を配置してある。シリンダブロック１は、可動子６の往復動を案内するガイドロッドを前後方向に沿って有している。

[0079] 密閉容器 3 にリニアモータ 104 を設置する場合は、ハーメチックコネクタやハーメチックシールと呼ばれる、気密性を持ったコネクタが用いられることがある。気密性を保つためには、コネクタの数は最小限にするのが望ましい。そのため、本実施例のリニアモータシステム 300（図 23）は、リニアモータ 104 に印加する電圧 V_m と、リニアモータ 104 に流れるモータ電流 I_m から可動子 6 の位置を推定し、位置推定値 x_m を基に、高精度に共振周波数を検出あるいは推定し、高効率なリニアモータ駆動を提供する。

[0080] 可動子 6 に弾性体である共振バネ 23（図 22 中では図示せず）を付加し、可動子 6 の質量とバネ定数から定まる機械的な共振周波数で可動子 6 を往復運動させる場合、圧縮要素 20 による共振周波数への影響も考慮する必要がある。すなわち、吐出空間の圧力によって、作動流体のバネ的な作用が加わるため、共振状態となる周波数が変化する。つまり、シリンダ 1a 内の圧力が高い場合には、可動子 6 に付加された共振バネ 23 のバネ定数が高いのと等価であり、共振周波数は高くなる。反対に、シリンダ 1a 内の圧力が低い場合には、可動子 6 に付加された共振バネ 23 のバネ定数が支配的となり、共振周波数は、可動子 6 の質量とバネ定数から定まる機械的な共振周波数に近い。

また、シリンダ 1a 内の圧力を考慮せずに共振周波数を推定すると、想定以上に可動子 6 のストロークが大きくなり、ピストン 4 がシリンダヘッド 16 に衝突する恐れがある。ピストン 4 がシリンダヘッド 16 に衝突すると、騒音となるだけでなく、最悪の場合、ピストン 4 やシリンダヘッド 16 が破損し得る。そのため、起動時等の過渡時においても適切にストロークを制御することが望ましい。

[0081] このように、リニアモータ 104 を圧縮要素 20 の動力とする場合は、圧縮要素 20 の条件によって共振周波数が変化してしまう。このような場合においても所望のストロークを得るためには、条件によって変化する共振周波数を高精度に検出あるいは推定することが必要である。そのため、図 23 に

示すように、本実施例のリニアモータシステム300は、リニアモータ104に印加する電圧と、リニアモータ104に流れる電流から可動子6の位置を推定し、位置推定値を基に、高精度に共振周波数を検出あるいは推定し、高効率なリニアモータ駆動を実現できる。印加電圧 V_m やモータ電流 I_m に基づいて可動子6の位置を推定できるため、高温高圧環境となる密閉容器3内に位置センサを配する必要性を低減できる。また、リニアモータ104の負荷（例えば、圧力要素20の吸込圧力と吐出圧力の差に比例する）に応じて、制御ゲインを適切に切り替えることにより、無負荷（圧力要素20の吸込圧力と吐出圧力が均圧状態）から重負荷といった、幅広い負荷条件においても安定に起動および駆動できるリニアモータ駆動を実現できる。

[0082] <リニアモータ駆動装置301による起動制御等>

図23は、本実施例のリニアモータシステム300の全体概略構成図である。リニアモータシステム300は、リニアモータ駆動装置301と、リニアモータ104から構成される。

リニアモータ駆動装置301は、少なくとも位置推定部308と位相差検出器330を有する制御部302と、電流検出器307と、電力変換回路105を有する。

[0083] 図24は、各起動シーケンスにおける主要な指令値の時間変化を説明する図である。図24には、図11に比べ、ゲイン切替信号(gain SW)が追加されている。ゲイン切替信号(gain SW)は、その状態(HまたはL)に応じて、各制御器（例えば、図25に示すストローク制御器353）の制御ゲインを切り替える。状態Hの制御ゲインは、状態Lの制御ゲインより大きい。

[0084] 状態H、Lの設定としては、例えば、重負荷時を状態Hに、無負荷又は軽負荷時を状態Lにできる。負荷の軽重は、作動流体の膨張を軽負荷、作動流体の圧縮を重負荷とする短時間の変動に注目した設定でも良いし、流量が比較的少ない時間帯を軽負荷、比較的多い時間帯を重負荷とする長時間の変動に注目した設定でも良い。

なお、軽負荷、重負荷の判定（負荷の軽重の判定）は、密閉型圧縮機 50 が無負荷のときの共振周波数の情報を予め得ておき、これと比較することで可能である。具体的には、負荷が大きいと共振周波数が減少していくため、どの程度無負荷時の共振周波数と異なる値で共振するかを検討することで、負荷の軽重を推定できる。

[0085] 密閉型圧縮機 50 を駆動する場合、起動時は、短時間で共振周波数に制御されることが望ましい。制御器の応答時間を短くするためには、制御ゲイン（例えば、図 25 に示す比例ゲイン K_{p_stl} ）を大きくすれば良い。しかし、必要以上に制御ゲインを大きくすると、定常状態（指令値との差が小さい状態）では、振動的になるという課題がある。

[0086] 図 25 は、本実施例のストローク制御器 353 の構成を説明する図である。ゲイン切替器 360 は、ゲイン切替信号（ $gainSW$ ）の状態（H または L）に応じて、乗算器 376 および乗算器 377 の制御ゲイン（比例ゲイン K_{p_stl} および積分ゲイン K_{i_stl} ）を切り替える。

本実施例では、起動直後を状態 H としており、電圧の振幅の変化速度（時間微分値）を大きくしているため、高速でモード（1）を実行してモード（2）に遷移しやすい。そして、モード（2）実行中の時間 $T2$ でゲイン切替信号が H から L に切り替わるものとする。時間 $T2$ までの起動初期においては、圧縮要素 20 の条件によっては、駆動周波数と共振周波数の乖離が大きい。このような状態で、短時間で高精度に共振周波数を検出あるいは推定することで高効率なりニアモータ駆動を実現すると共に、起動時の負荷によらず可動子 6 のストロークを所望のストロークに制御し、安定な起動を実現するために、制御ゲインを大きくしている。

一方、駆動周波数が共振周波数と略一致したならば、この時間を $T2$ として制御ゲインを小さくする。駆動周波数と共振周波数とが略一致した状態では、電動要素 30 の電気時定数に対し、圧縮要素 20 の機械時定数のほうが長い。つまり、圧縮要素 20 の条件による共振周波数の変化は、各制御器の応答時間よりも十分長い。そのため、制御ゲインを小さくする。

[0087] 図24の時間T4は、上位制御器（図示せず）などから、圧縮要素20の必要流量（ストロークと駆動周波数の積で求められる）が変更になり（少なく）、ストローク指令値 I^* が減少された瞬間である。この場合、ストローク検出値 I_m が、ストローク指令値（ I_{s_2} ）に達した後、圧縮要素20による共振周波数への影響が出始め、共振周波数が低下している。この場合、必要以上に、駆動周波数調整器131により駆動周波数を上げると、駆動周波数が安定しない恐れがある。そのため、同様に、駆動周波数調整器131にもゲイン切替器360（図25等参照）を構成し、ゲイン切替信号（ $gainSW$ ）の状態（HまたはL）に応じて、上述の図13に示した、駆動周波数調整器131を構成する、乗算器92bおよび乗算器92cの制御ゲイン（比例ゲイン K_{p_adtr} および積分ゲイン K_{i_adtr} ）を切り替える。

[0088] このように、本実施例によれば、リニアモータ104に印加する電圧と、リニアモータ104に流れる電流から可動子6の位置を推定し、位置推定値を基に、高精度に共振周波数を検出あるいは推定することで高効率なリニアモータ駆動を実現することができる。さらに、交流電圧の周波数を一定に保ち振幅を単調増加させる運転モード（1）と、可動子の交流電圧と可動子位置の位相差を求め、可動子のストロークを一定に保ちつつ、その位相差が所定値となるように、交流電圧の周波数を変化させる運転モード（2）を備えることにより、起動時の負荷によらず可動子6のストロークを所望のストロークに制御し、安定な起動を実現できるリニアモータ駆動を提供することができる。また、リニアモータ104の負荷（例えば、圧力要素20の吸込圧力と吐出圧力の差に比例する）に応じて、制御ゲインを適切に切り替えることにより、無負荷（圧力要素20の吸込圧力と吐出圧力が均圧状態）から重負荷といった、幅広い負荷条件においても安定に起動および駆動できるリニアモータ駆動を実現することができる。

[0089] なお、本実施例に示した圧縮機は、凝縮器又は蒸発器として機能する熱交換器を備える空気調和器において、冷媒を圧送するための圧縮機に適用でき

る。また、圧縮機の駆動を制御するリニアモータ駆動装置として、上述の実施例 1 又は実施例 2 に示したリニアモータ駆動装置を採用することができる。

また、本実施例に示した圧縮機は、エアサスペンションにおいて車高を調整するために作動流体を圧縮する圧縮機に適用できる。また、圧縮機の駆動を制御するリニアモータ駆動装置として、上述の実施例 1 又は実施例 2 に示したリニアモータ駆動装置を採用することができる。

更にまた、本実施例に示した圧縮機は、凝縮器及び蒸発器を有する冷蔵庫において、液冷媒を圧送する圧縮機にも適用可能である。また、圧縮機の駆動を制御するリニアモータ駆動装置として、上述の実施例 1 又は実施例 2 に示したリニアモータ駆動装置を採用することができる。

[0090] 本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手続き等は、それらの一部または全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現しても良い。また、上記の各構成や機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現しても良い。

符号の説明

[0091] 1…シリンダブロック、1 a…シリンダ、2…永久磁石、3…密閉容器、4…ピストン、6…可動子、7…磁極、8…巻線、9…電機子、16…シリンダヘッド、17…ヘッドカバー、20…圧縮要素、23…共振バネ（アシストバネ）、30…電動要素、50…密閉型圧縮機、100、200、300…リニアモータシステム、101、201、301…リニアモータ駆動装置、102、202、302…制御部、103…電圧指令値作成器、104…リニアモータ、105…電力変換回路、107…電流検出器、122…スイ

ツチング素子， 1 2 6 …フルブリッジ回路， 1 3 0， 2 3 0， 3 3 0 …位相
差検出器， 1 3 1 …駆動周波数調整器， 1 3 3 …PWM信号作成器

請求の範囲

- [請求項1] 交流電圧が印加される巻線と、
 弾性体が接続する可動子と、を備えるリニアモータ制御装置であって、
 前記交流電圧の周波数を略一定に保ちつつ前記交流電圧の振幅を単調増加させる運転モード（１）と、
 前記交流電圧の振幅を略一定に保ちつつ、前記交流電圧の周波数を変化させる運転モード（２）と、を有し、
 前記運転モード（１）、前記運転モード（２）の順で実行することを特徴とするリニアモータ制御装置。
- [請求項2] 前記運転モード（１）を、リニアモータの起動直後に実行し、
 前記運転モード（１）で前記可動子の振幅を所定以上に大きくした後に、前記可動子の位置推定及び／又は前記可動子の共振周波数の推定を行うことを特徴とする請求項１に記載のリニアモータ制御装置。
- [請求項3] 前記運転モード（２）では、前記交流電圧の振幅を略一定に保ちつつ、周波数を変化させる制御を実行し、その後、前記交流電圧の振幅を増加させる制御を実行することを特徴とする請求項２に記載のリニアモータ制御装置。
- [請求項4] 前記可動子に接続した負荷を有し、
 前記交流電圧の周波数と、検出又は推定した前記可動子の共振周波数と、の差から前記負荷が変動したことを推定し、
 前記交流電圧の振幅、前記交流電圧の周波数、又は前記可動子の振幅のうち、１つ、２つ又は３つの時間微分値は、前記負荷が軽負荷の場合より重負荷の場合の方が大きいことを特徴とする請求項１に記載のリニアモータ制御装置。
- [請求項5] 前記可動子に接続した負荷を有し、
 前記交流電圧の周波数と、検出又は推定した前記可動子の共振周波数と、の差から前記負荷が変動したことを推定し、

前記交流電圧の振幅、前記交流電圧の周波数、又は前記可動子の振幅のうち、1つ、2つ又は3つの時間微分値は、前記負荷が軽負荷の場合より重負荷の場合の方が大きいことを特徴とする請求項2に記載のリニアモータ制御装置。

[請求項6]

前記可動子に接続した負荷を有し、

前記交流電圧の周波数と、検出又は推定した前記可動子の共振周波数と、の差から前記負荷が変動したことを推定し、

前記交流電圧の振幅、前記交流電圧の周波数、又は前記可動子の振幅のうち、1つ、2つ又は3つの時間微分値は、前記負荷が軽負荷の場合より重負荷の場合の方が大きいことを特徴とする請求項3に記載のリニアモータ制御装置。

[請求項7]

前記可動子に接続した負荷を有し、

前記交流電圧の周波数と、検出又は推定した前記可動子の共振周波数と、の差から前記負荷が変動したことを推定し、

前記負荷に応じて、前記可動子のストローク、前記巻線に流れる電流、又は前記可動子の速度に対する制御ゲイン又は制御時定数を変化させることを特徴とする請求項1に記載のリニアモータ制御装置。

[請求項8]

前記可動子に接続した負荷を有し、

前記交流電圧の周波数と、検出又は推定した前記可動子の共振周波数と、の差から前記負荷が変動したことを推定し、

前記負荷に応じて、前記可動子のストローク、前記巻線に流れる電流、又は前記可動子の速度に対する制御ゲイン又は制御時定数を変化させることを特徴とする請求項2に記載のリニアモータ制御装置。

[請求項9]

前記可動子に接続した負荷を有し、

前記交流電圧の周波数と、検出又は推定した前記可動子の共振周波数と、の差から前記負荷が変動したことを推定し、

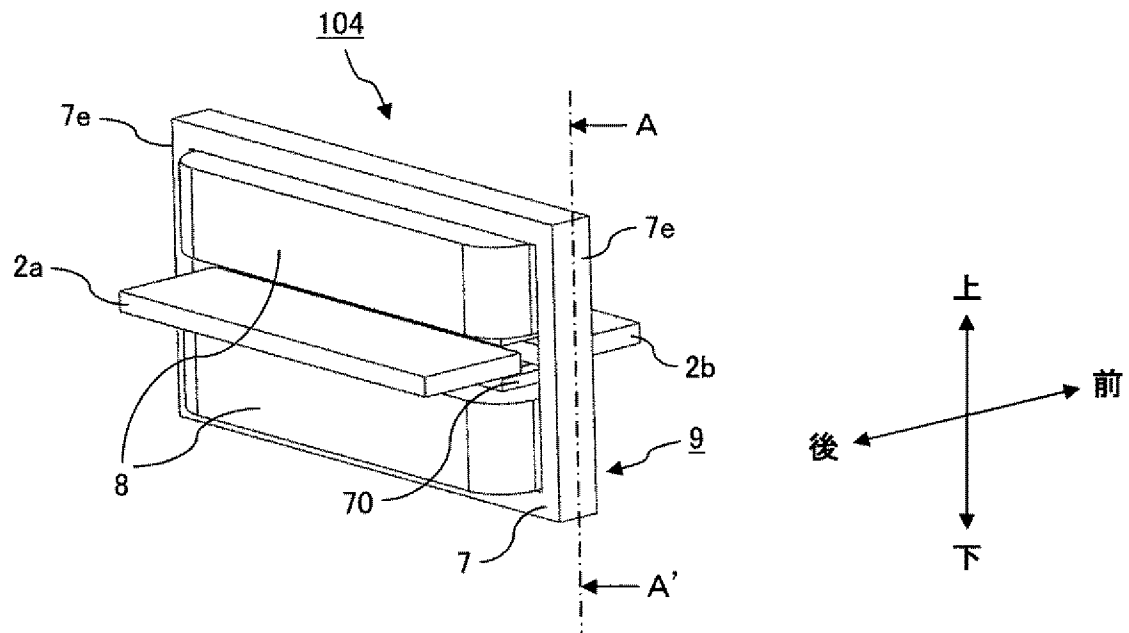
前記負荷に応じて、前記可動子のストローク、前記巻線に流れる電流、又は前記可動子の速度に対する制御ゲイン又は制御時定数を変化

させることを特徴とする請求項3に記載のリニアモータ制御装置。

- [請求項10] 請求項1に記載のリニアモータ制御装置を有する圧縮機であって、前記可動子の位置を、前記巻線の電圧及び電流値を利用して推定することを特徴とする圧縮機。
- [請求項11] 請求項2に記載のリニアモータ制御装置を有する圧縮機であって、前記可動子の位置を、前記巻線の電圧及び電流値を利用して推定することを特徴とする圧縮機。
- [請求項12] 請求項3に記載のリニアモータ制御装置を有する圧縮機であって、前記可動子の位置を、前記巻線の電圧及び電流値を利用して推定することを特徴とする圧縮機。
- [請求項13] 請求項4に記載のリニアモータ制御装置を有する圧縮機であって、前記可動子の位置を、前記巻線の電圧及び電流値を利用して推定することを特徴とする圧縮機。
- [請求項14] 請求項5に記載のリニアモータ制御装置を有する圧縮機であって、前記可動子の位置を、前記巻線の電圧及び電流値を利用して推定することを特徴とする圧縮機。
- [請求項15] 請求項6に記載のリニアモータ制御装置を有する圧縮機であって、前記可動子の位置を、前記巻線の電圧及び電流値を利用して推定することを特徴とする圧縮機。
- [請求項16] 請求項7に記載のリニアモータ制御装置を有する圧縮機であって、前記可動子の位置を、前記巻線の電圧及び電流値を利用して推定することを特徴とする圧縮機。
- [請求項17] 請求項8に記載のリニアモータ制御装置を有する圧縮機であって、前記可動子の位置を、前記巻線の電圧及び電流値を利用して推定することを特徴とする圧縮機。
- [請求項18] 請求項9に記載のリニアモータ制御装置を有する圧縮機であって、前記可動子の位置を、前記巻線の電圧及び電流値を利用して推定することを特徴とする圧縮機。

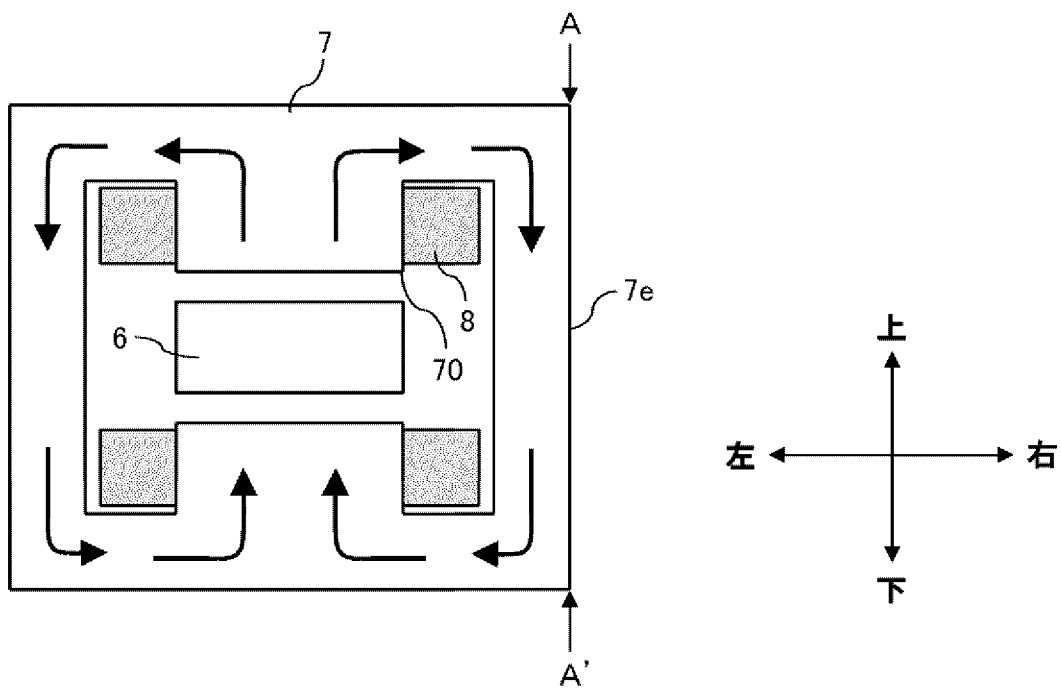
[図2]

図 2



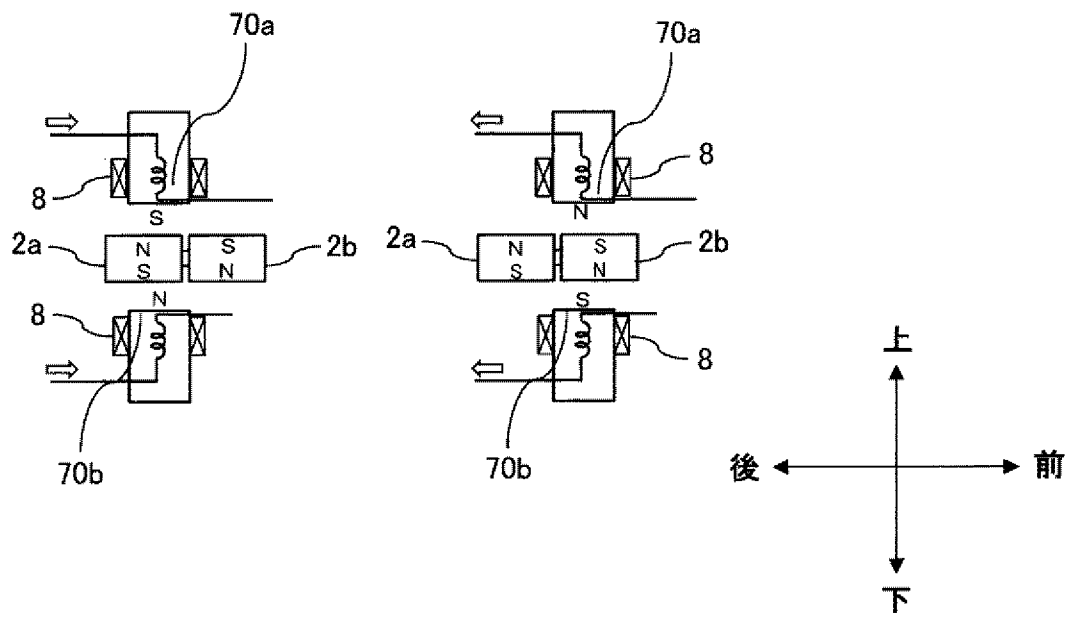
[図3]

図 3



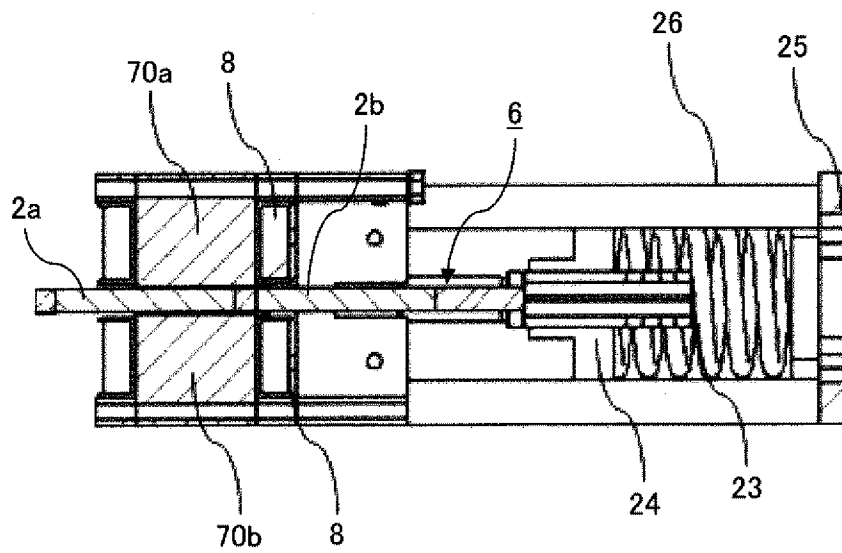
[図4]

図 4



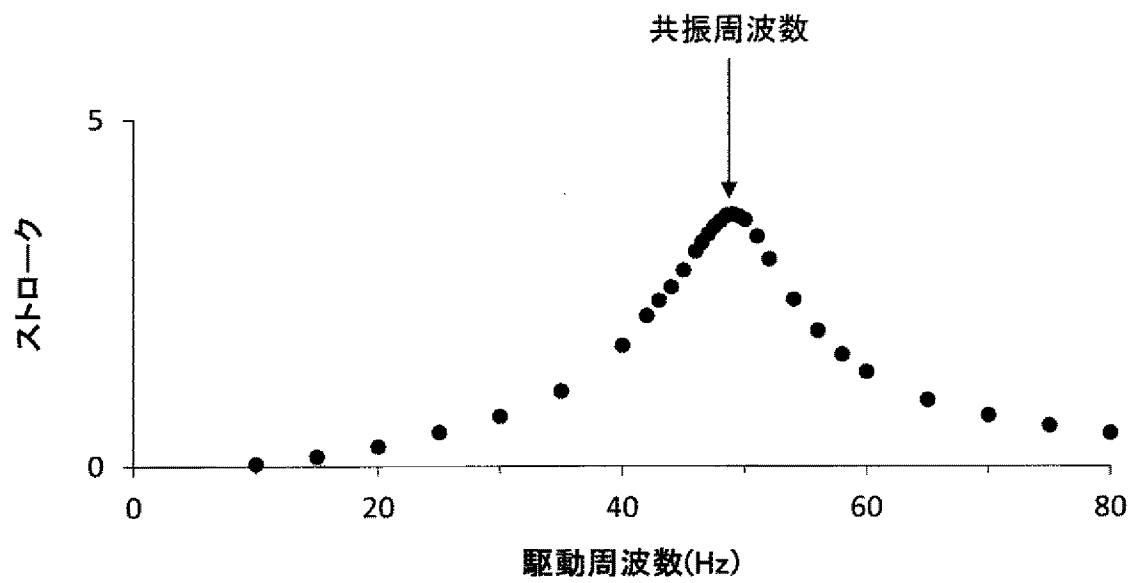
[図5]

図 5



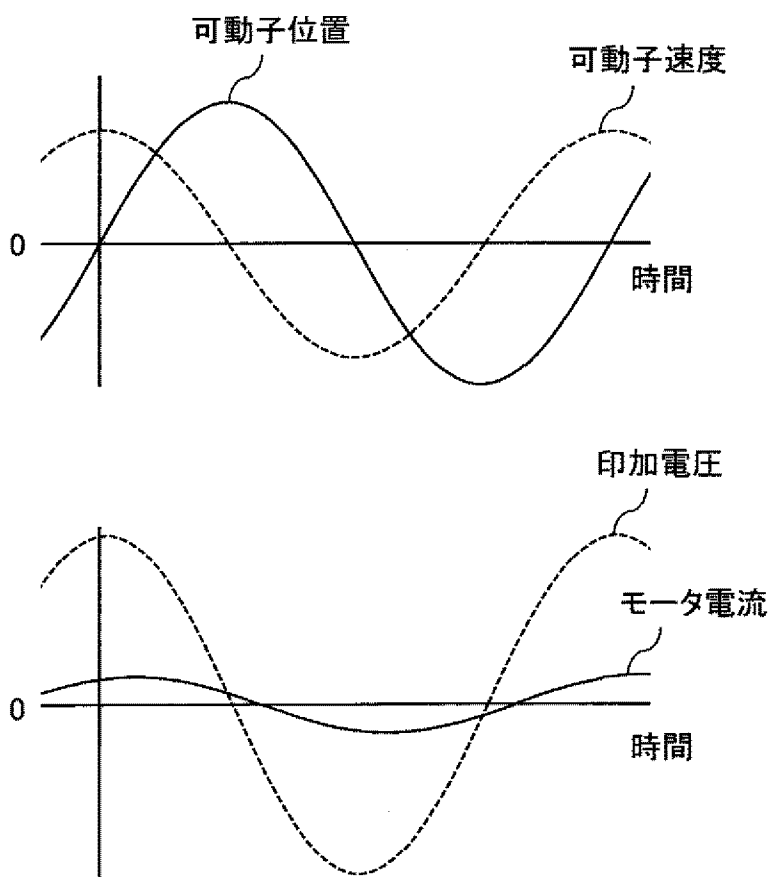
[図6]

図 6



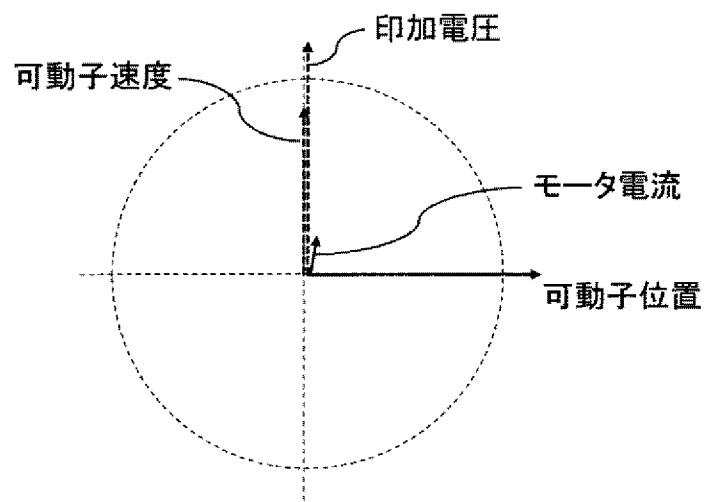
[図7]

図 7

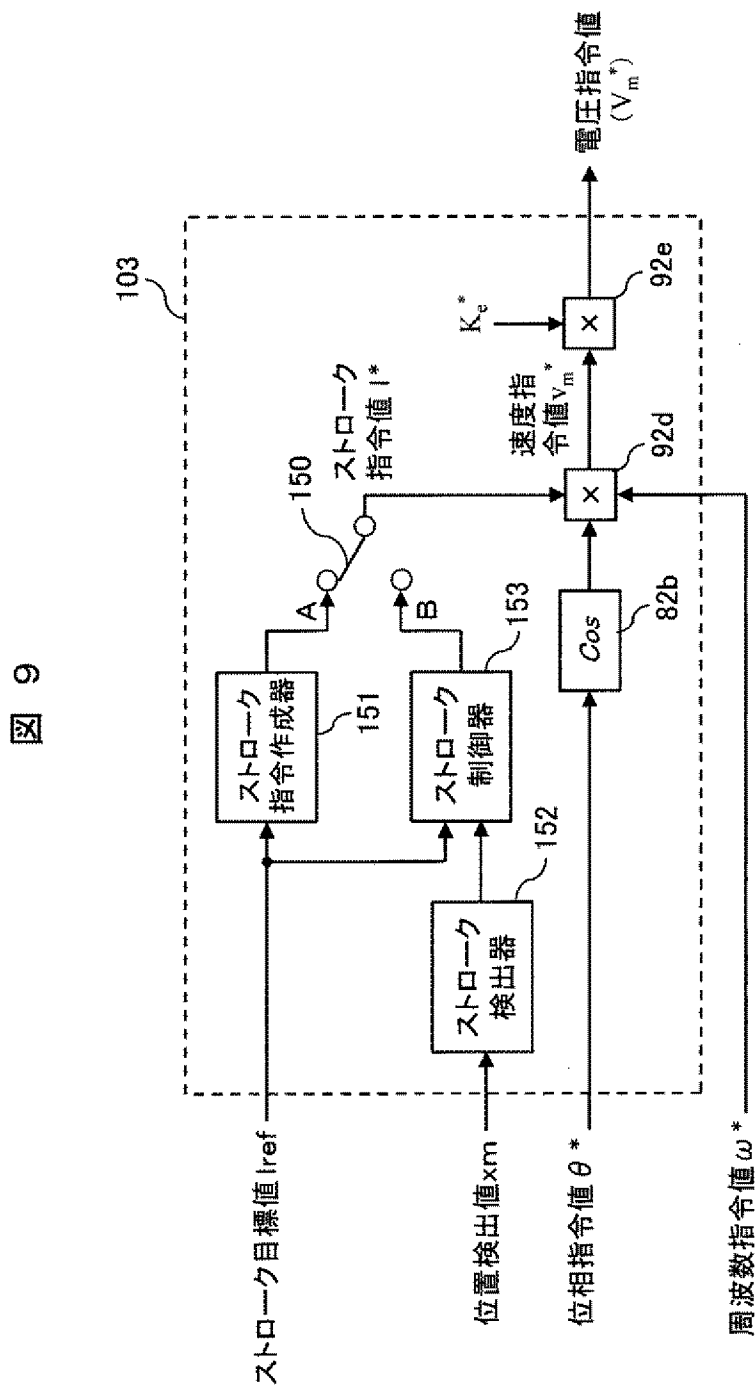


[図8]

図 8

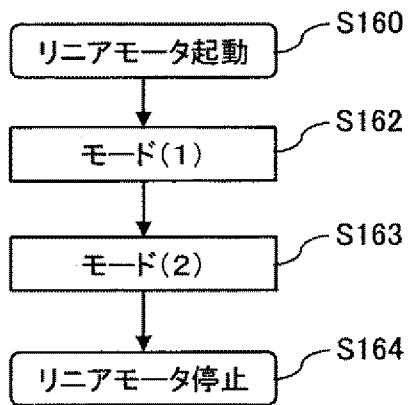


[図9]



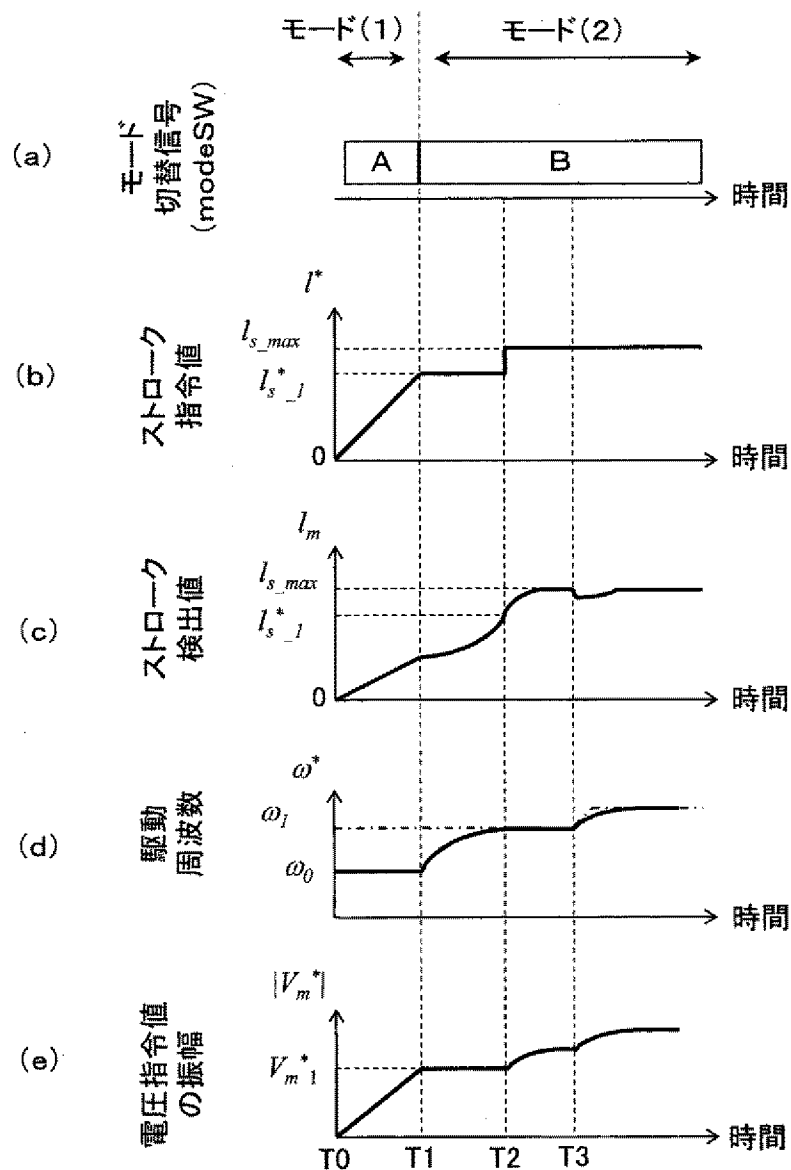
[図10]

図 10



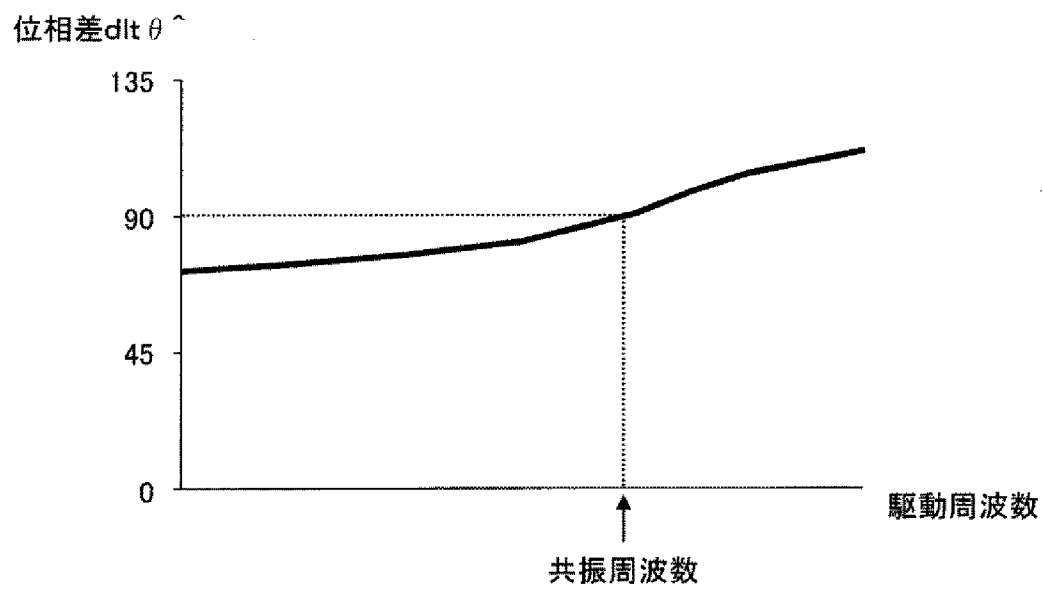
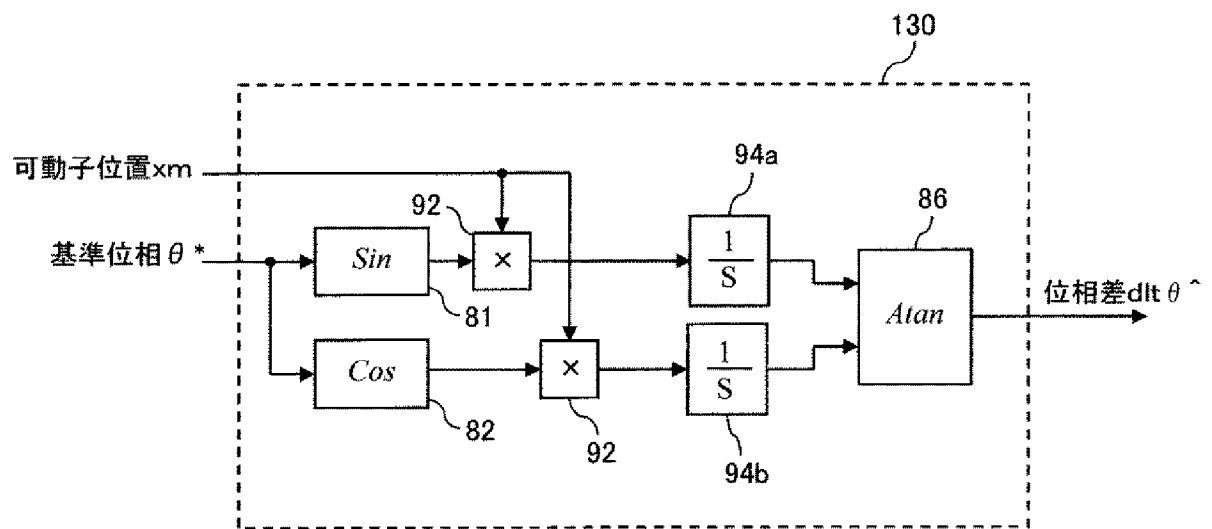
[図11]

図 11



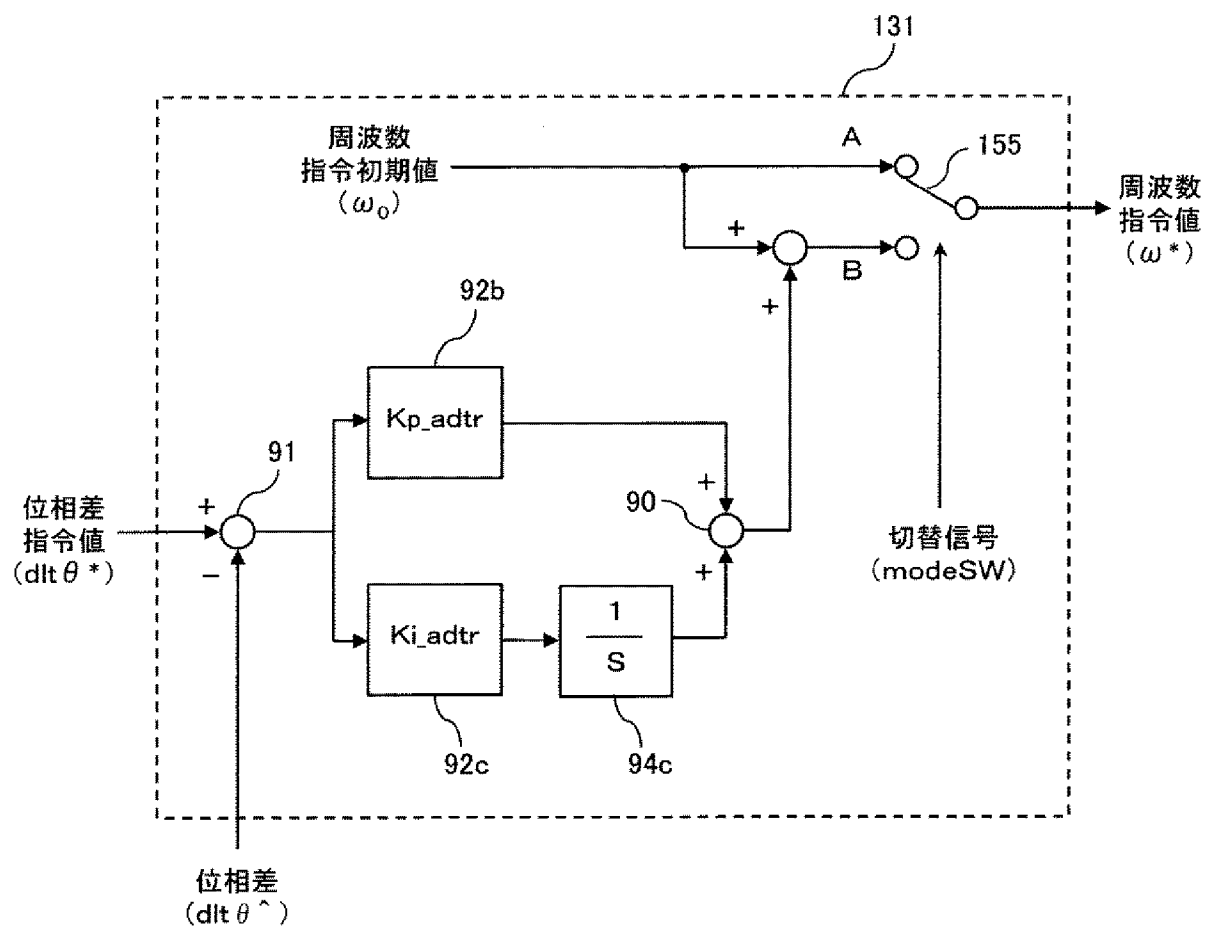
[図12]

図 12



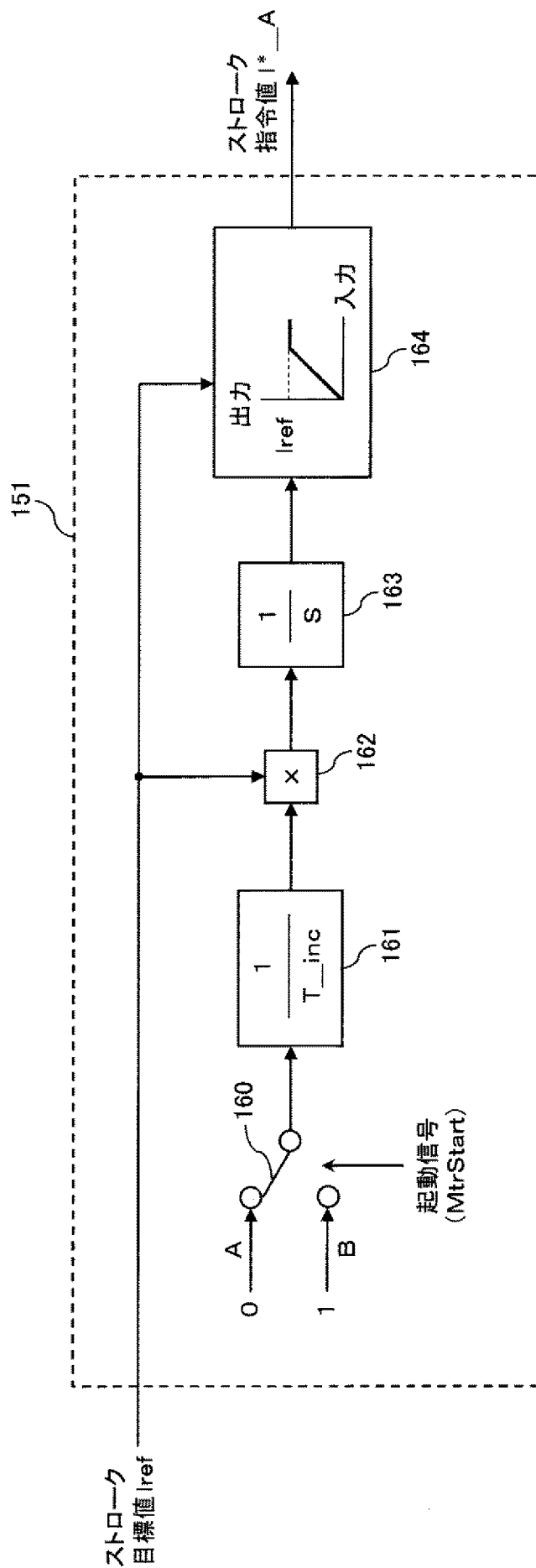
[図13]

図 13



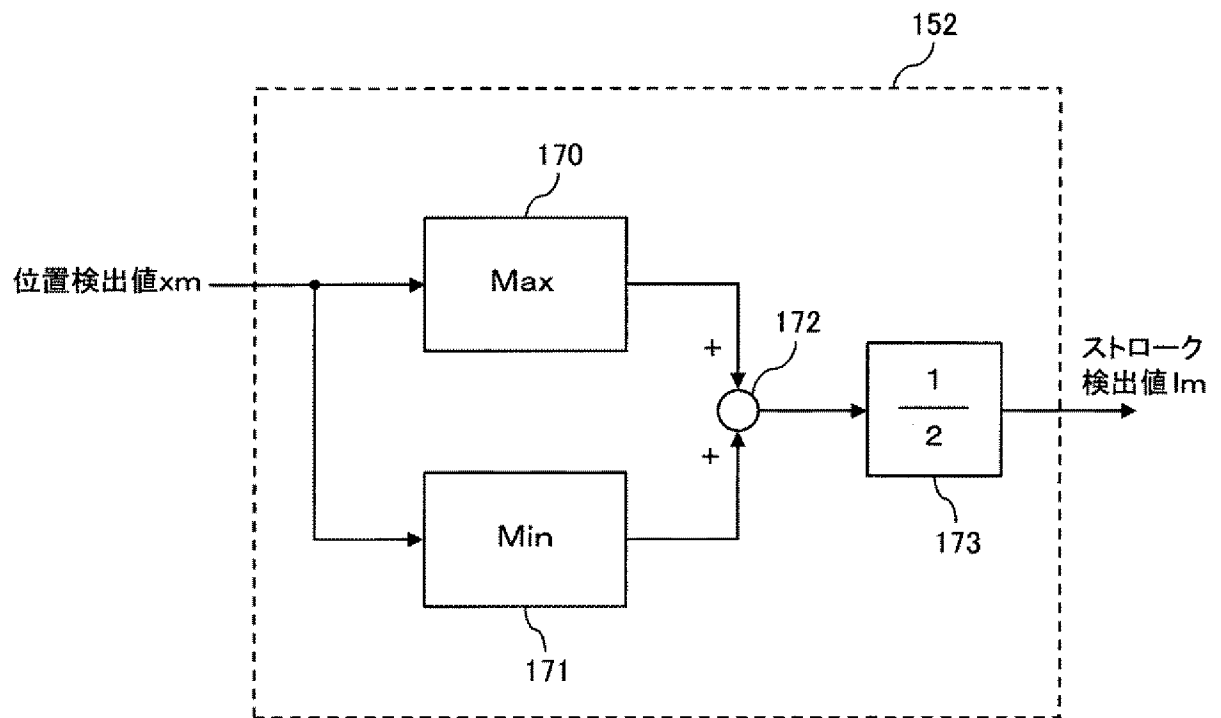
[図14]

図 14



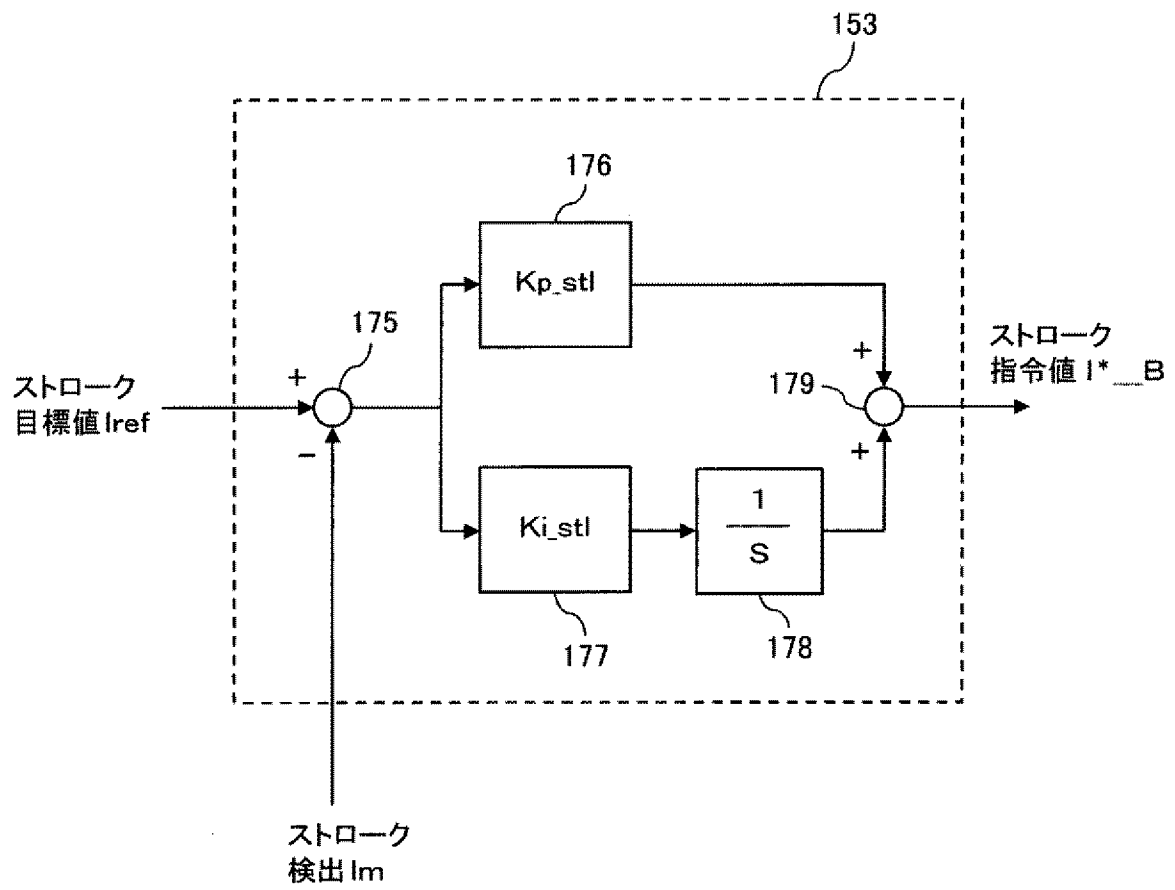
[図15]

図 15



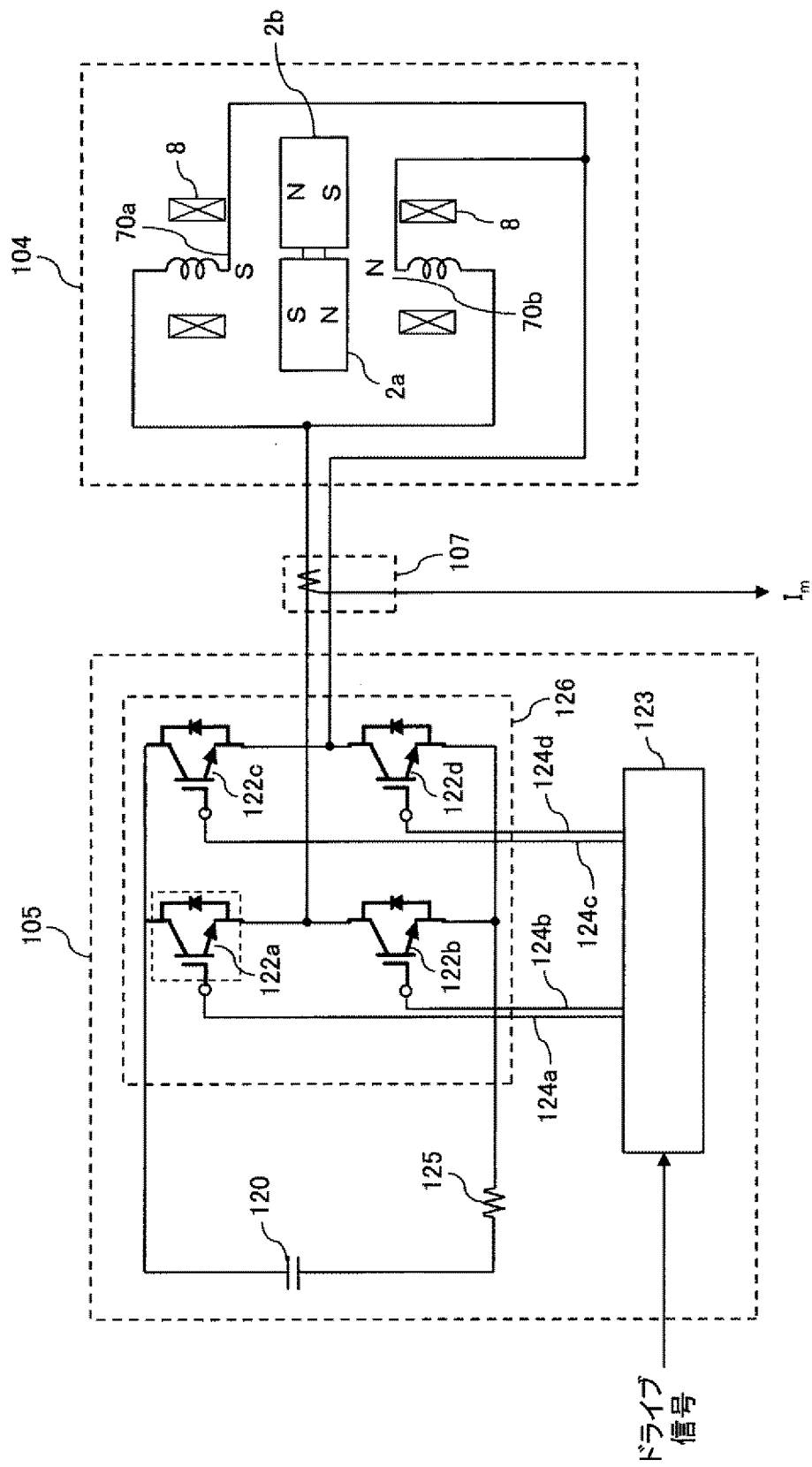
[図16]

図 16



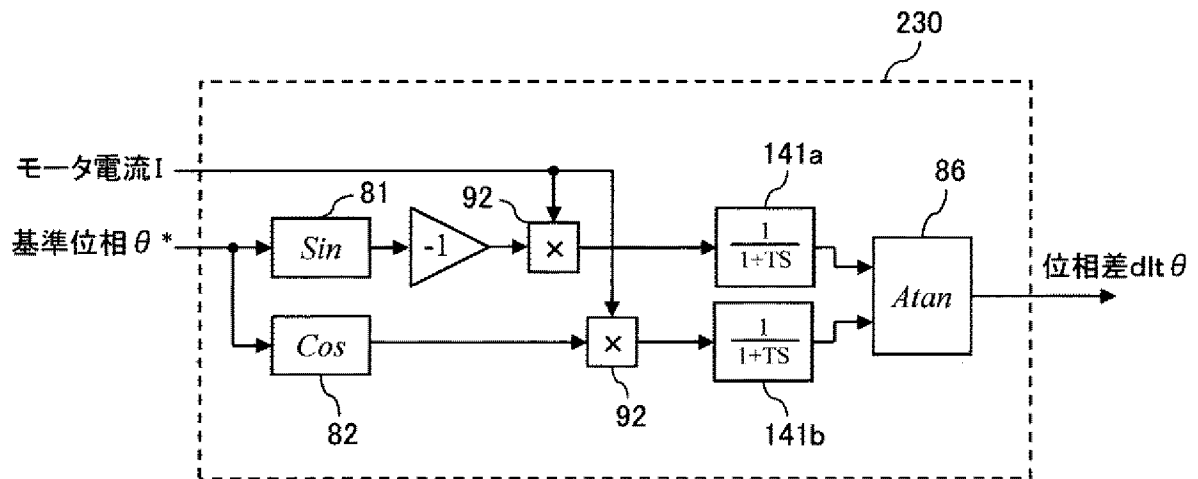
[図17]

図 17



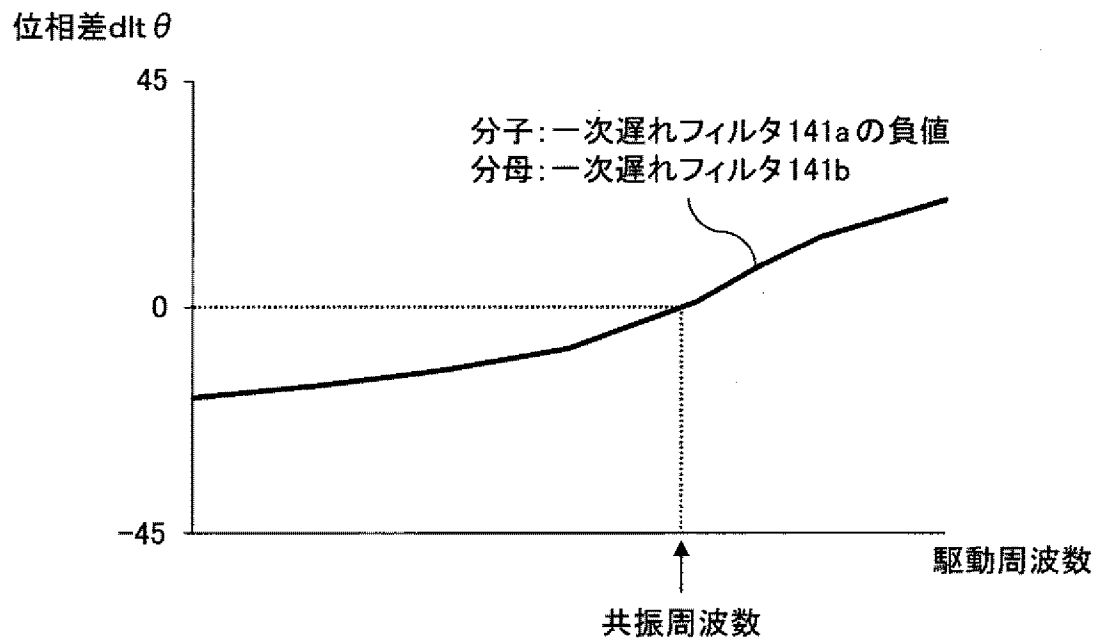
[図19]

図 19



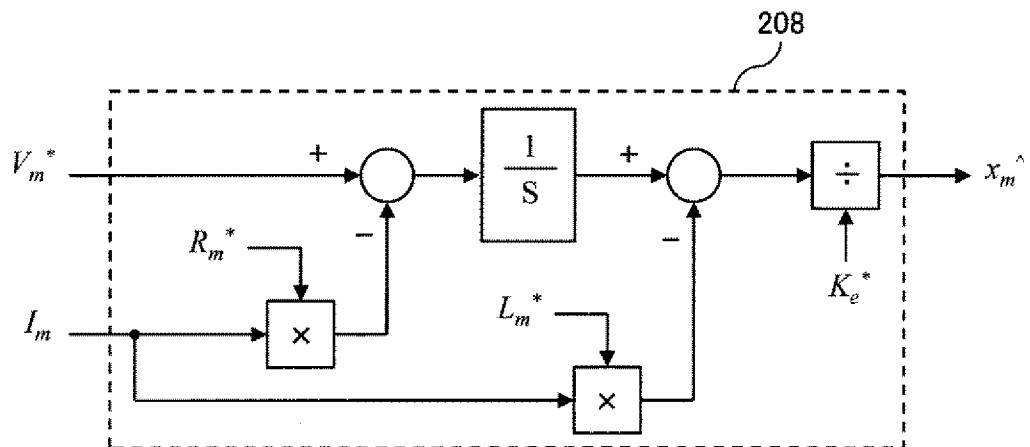
[図20]

図 20



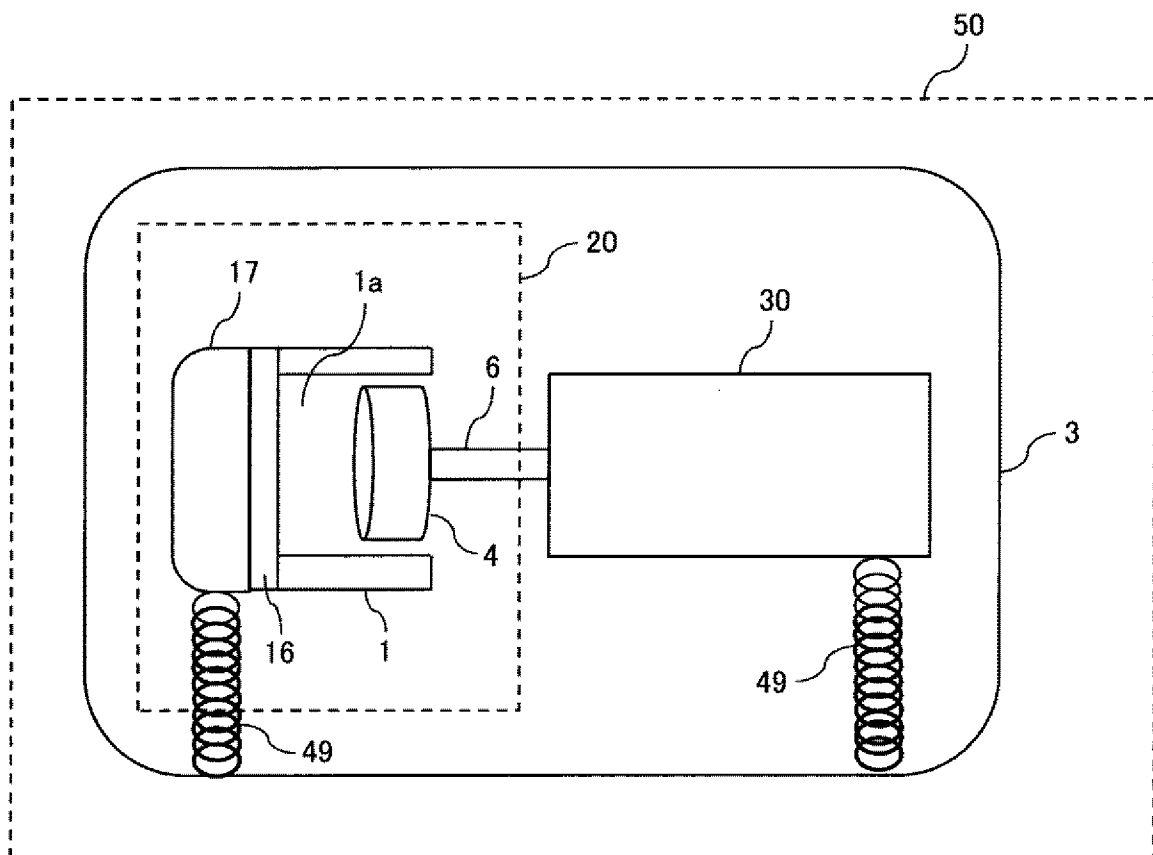
[図21]

図 21



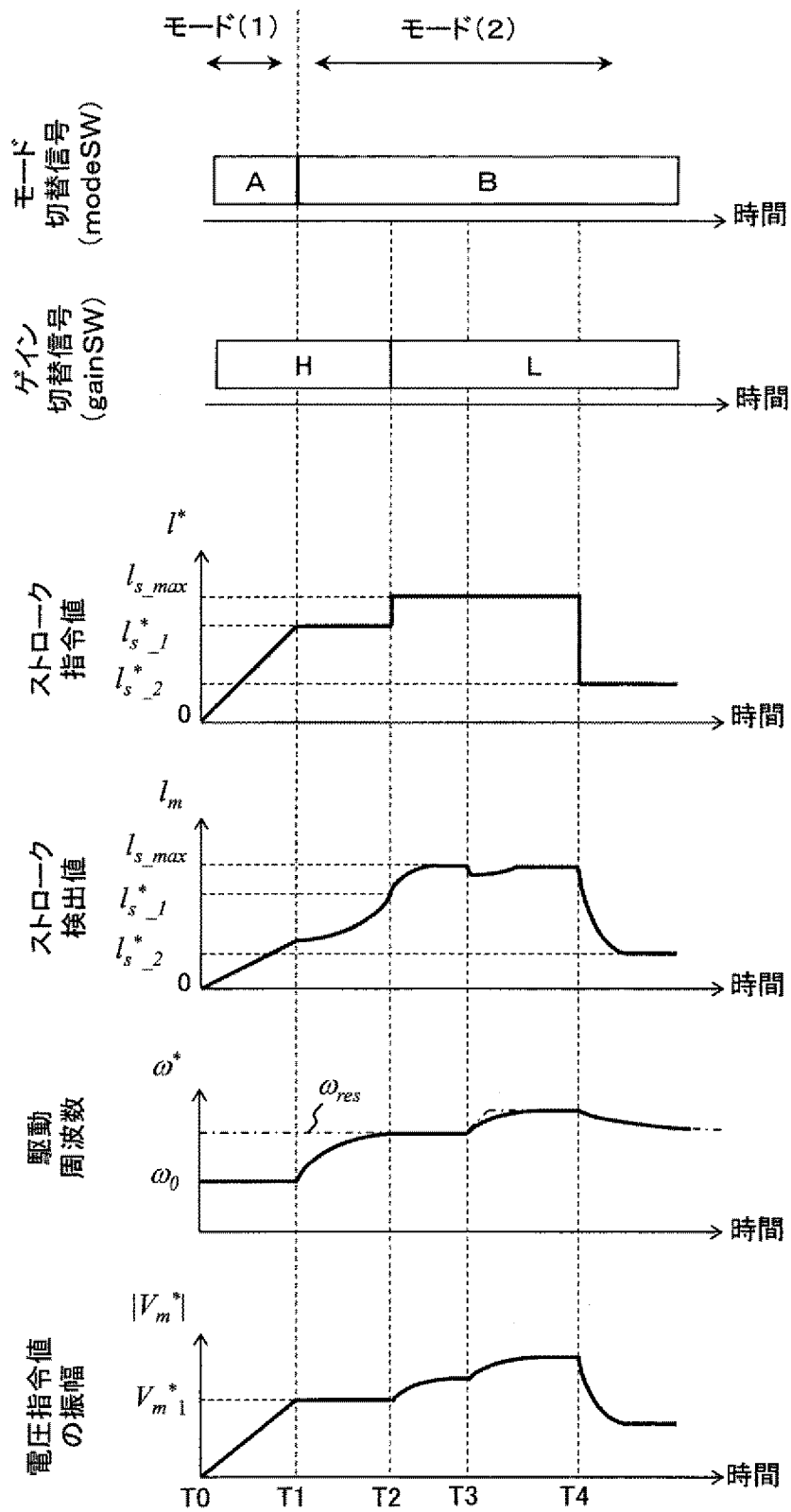
[図22]

図 22



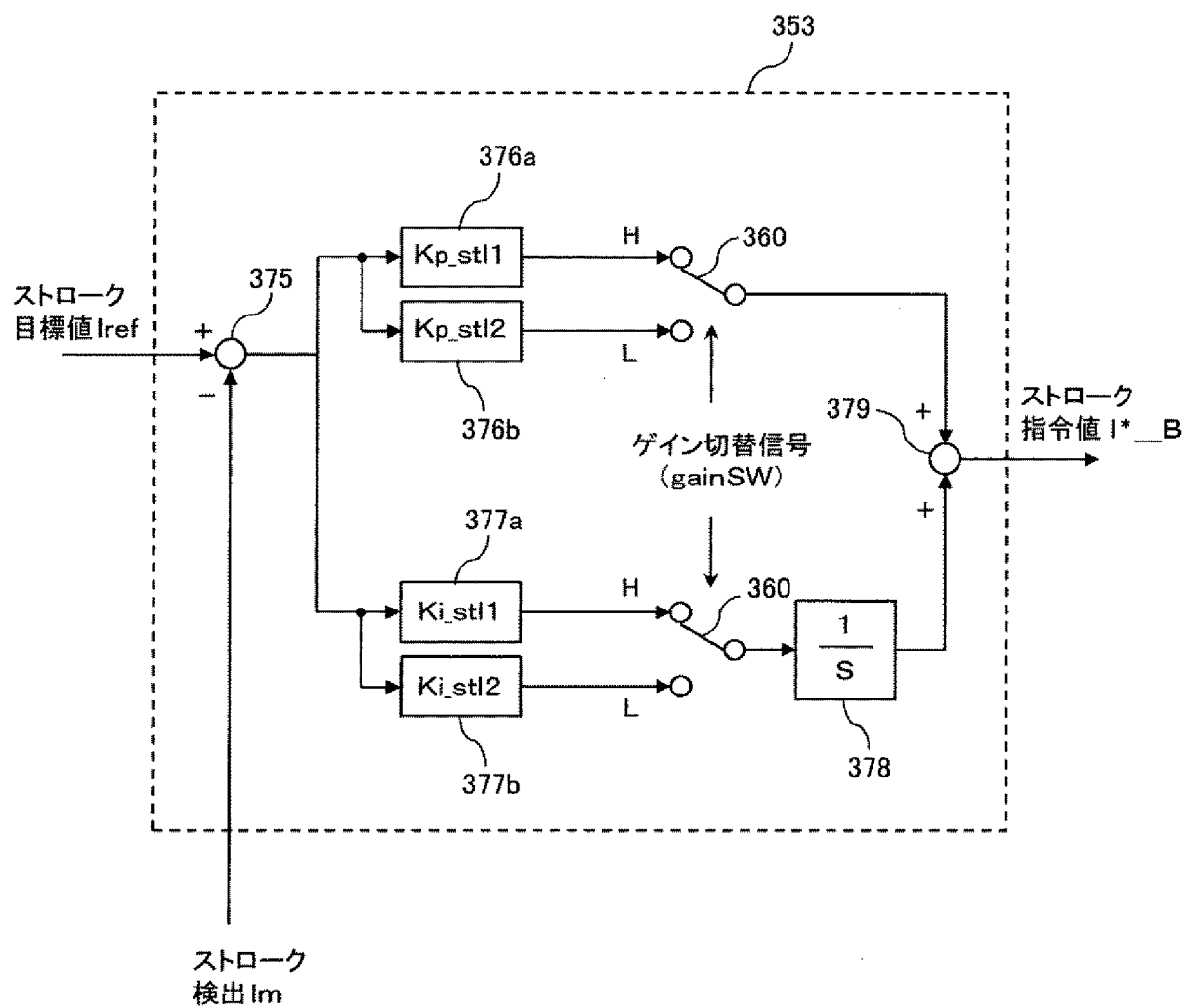
[図24]

図 24



[図25]

図 25



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036319

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02P25/064 (2016.01) i, F04B35/04 (2006.01) i, H02K41/02 (2006.01) i, H02K41/03 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H02P25/064, F04B35/04, H02K41/02, 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 1971-2017

Registered utility model specifications of Japan 1996-2017

Published registered utility model applications of Japan 1994-2017

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.
X	JP 2015-231284 A (MINEBEA CO., LTD.) 21 December 2015,	1
Y	paragraphs [0013]-[0037], fig. 1-4	10
A	& US 2015/0357958 A1, paragraphs [0020]-[0052], fig. 1-4	2-9, 11-18
Y	JP 2004-218461 A (FUJI ELECTRIC SYSTEMS CO., LTD.) 05	10
A	August 2004, paragraphs [0002]-[0007], [0036] (Family: none)	2-9, 11-18



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

20 December 2017

Date of mailing of the international search report

09 January 2018

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036319

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 2005-54768 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 03 March 2005, paragraphs [0002]-[0009], claim 14 & US 2005/0031470 A1, paragraphs [0002]-[0007], claim 14	2-9, 11-18

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P25/064(2016.01)i, F04B35/04(2006.01)i, H02K41/02(2006.01)i, H02K41/03(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. H02P25/064, F04B35/04, H02K41/02, 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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
X Y A	JP 2015-231284 A（ミネベア株式会社）2015.12.21, 段落 [0013] - [0037], 図 1-4 & US 2015/0357958 A1, 段落 [0020] - [0052], 図 1-4	1 10 2-9, 11-18
Y A	JP 2004-218461 A（富士電機システムズ株式会社）2004.08.05, 段落 [0002] - [0007], [0036]（ファミリーなし）	10 2-9, 11-18

☒ 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

20.12.2017

国際調査報告の発送日

09.01.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

森山 拓哉

3 V

5 5 6 1

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-54768 A (三星電子株式会社) 2005.03.03, 段落 [0002] - [0009], 請求項 14 & US 2005/0031470 A1, 段落 [0002] - [0007], 請求項 14	2-9, 11-18