

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5895154号
(P5895154)

(45) 発行日 平成28年3月30日 (2016. 3. 30)

(24) 登録日 平成28年3月11日 (2016. 3. 11)

(51) Int. Cl. F I
 HO2P 25/06 (2016.01) HO2P 5/00 I O 1 B
 HO2K 33/16 (2006.01) HO2K 33/16 A

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-11277 (P2011-11277)	(73) 特許権者	314012076
(22) 出願日	平成23年1月21日 (2011. 1. 21)		パナソニック I P マネジメント株式会社
(65) 公開番号	特開2012-157089 (P2012-157089A)		大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(43) 公開日	平成24年8月16日 (2012. 8. 16)	(74) 代理人	100105957
審査請求日	平成25年9月2日 (2013. 9. 2)		弁理士 恩田 誠
		(74) 代理人	100068755
			弁理士 恩田 博宣
		(72) 発明者	伊吹 康夫
			大阪府門真市大字門真1048番地 パナソニック電工 株式会社 内
		(72) 発明者	大羽 隆文
			大阪府門真市大字門真1048番地 パナソニック電工 株式会社 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リニアアクチュエータの駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電磁石として構成される第1磁石と、永久磁石または電磁石として構成される第2磁石と、前記第1磁石および前記第2磁石の一方を含み、前記第1磁石および前記第2磁石の他方に対して直線運動する可動子とを備えるリニアアクチュエータを駆動するための駆動方法であって、

前記可動子を往復動させるための駆動電流を前記可動子の変位、速度、および、加速度の少なくとも1つに関する検出結果である検出値に応じて制御し、前記検出値の時間的変化に基づいて負荷の経時的な変動を検出し、前記検出値の増減の回数に基づいて負荷の瞬時的な変動の発生し易さの度合を判定し、その結果に応じて前記可動子の制御方法を変更する

リニアアクチュエータの駆動方法。

【請求項 2】

前記判定の結果に応じて前記駆動電流を制御するためのフィードバックループのループ利得を変更する

請求項 1 に記載のリニアアクチュエータの駆動方法。

【請求項 3】

前記判定の結果に応じて前記可動子の振幅の目標値を変更する

請求項 1 または 2 に記載のリニアアクチュエータの駆動方法。

【請求項 4】

前記第1磁石または前記第2磁石を構成する前記電磁石の巻線に前記駆動電流が流れていない期間である非導通期間において前記可動子の往復動により前記巻線に発生する誘起電圧に基づいて前記検出値を検出する

請求項1～3のいずれか一項に記載のリニアアクチュエータの駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は往復運動する可動子を備えるリニアアクチュエータの駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、電磁石からなる固定子と、永久磁石を有する可動子と、電磁石の巻線に供給する駆動電流を制御する制御部とを備え、固定子に対し可動子を往復振動させるリニアアクチュエータが知られている（特許文献1参照）。このリニアアクチュエータでは、電磁石の巻線に発生する誘起電圧を検出することにより可動子の動き（変位、速度または加速度）を検出する方法が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2001-16892号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述したリニアアクチュエータでは、異常の発生を早期に検出する方法が提案されていないため、この点の改善が求められていた。例えば上述の可動子の動きを示す検出値を異常検出のパラメータとして利用し、その検出値が予め設定した所定値以下まで低下した場合を異常として検出する方法も考えられる。しかし、このような検出値（瞬時値）で異常を検出する場合には、上記所定値を部品ばらつき等も考慮して異常と考えられる値に設定する必要がある。このため、このような方法では早期に異常を検出することはできない。

【0005】

本発明の目的は、異常を早期に検出することが可能なリニアアクチュエータの駆動方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に従うリニアアクチュエータの駆動方法の一形態は、電磁石として構成される第1磁石と、永久磁石または電磁石として構成される第2磁石と、前記第1磁石および前記第2磁石の一方を含み、前記第1磁石および前記第2磁石の他方に対して直線運動する可動子とを備えるリニアアクチュエータを駆動するための駆動方法であって、前記可動子を往復動させるための駆動電流を前記可動子の変位、速度、および、加速度の少なくとも1つに関する検出結果である検出値に応じて制御し、前記検出値の時間的变化に基づいて負荷の経時的な変動を検出し、前記検出値の増減の回数に基づいて負荷の瞬時的な変動の発生し易さの度合を判定し、その結果に応じて前記可動子の制御方法を変更する。

【発明の効果】

【0010】

本発明に従うリニアアクチュエータの駆動方法によれば、異常を早期に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】は実施形態のリニア振動アクチュエータに関するブロック図である。

【図2】は図1の駆動回路及び振幅制御部に関するブロック図である。

10

20

30

40

50

【図3】は実施形態の振幅検出に関するタイミングチャートである。

【図4】は実施形態の振幅検出に関するタイミングチャートである。

【図5】は実施形態の振幅検出に関するタイミングチャートである。

【図6】は図2の制御回路の動作に関する波形図である。

【図7】は図2の制御回路の動作に関する波形図である。

【図8】は変形例の振幅検出に関するタイミングチャートである。

【図9】は変形例の振幅検出に関するタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

(リニアアクチュエータの駆動方法が取り得る形態の一例)

〔1〕本発明に従うリニアアクチュエータの駆動方法の一形態は、電磁石として構成される第1磁石と、永久磁石または電磁石として構成される第2磁石と、前記第1磁石および前記第2磁石の一方を含み、前記第1磁石および前記第2磁石の他方に対して直線運動する可動子とを備えるリニアアクチュエータを駆動するための駆動方法であって、前記可動子を往復動させるための駆動電流を前記可動子の変位、速度、および、加速度の少なくとも1つに関する検出結果である検出値に応じて制御し、前記検出値の時間的变化に基づいて負荷の経時的な変動を検出し、前記検出値の増減の回数に基づいて負荷の瞬時的な変動の発生し易さの度合を判定し、その結果に応じて前記可動子の制御方法を変更する。

〔2〕前記リニアアクチュエータの駆動方法の一例によれば、前記判定の結果に応じて前記駆動電流を制御するためのフィードバックループのループ利得を変更する。

〔3〕前記リニアアクチュエータの駆動方法の一例によれば、前記判定の結果に応じて前記可動子の振幅の目標値を変更する。

〔4〕前記リニアアクチュエータの駆動方法の一例によれば、前記第1磁石または前記第2磁石を構成する前記電磁石の巻線に前記駆動電流が流れていない期間である非導通期間において前記可動子の往復動により前記巻線に発生する誘起電圧に基づいて前記検出値を検出する。

【0013】

(実施形態)

図1に示すように、リニア振動アクチュエータ10は、固定子11と可動子12とを有している。固定子11は、例えば磁性材料の焼結体や磁性材料の鉄板を積層したものに巻線11aが巻回された電磁石により構成されている。この固定子11は、フレーム13に固定されている。

可動子12は、ばね14によって往復動可能にフレーム13に支持されている。この可動子12が有する永久磁石12aは、所定のギャップを介して上記固定子11と対向して配置されるとともに、可動子12の往復動方向(図中、左右方向)に着磁されている。

【0014】

次に、リニア振動アクチュエータ10を駆動させるための構成例を説明する。

上記巻線11aに接続された駆動回路30は、電源20からの電源電圧 V_{cc} に基づいて動作し、巻線11aに駆動電流 I_d を供給する。一方、巻線11aに接続された振幅制御部40は、巻線11aに生じる誘起電圧から可動子12の振幅を検出する。また、振幅制御部40は、検出した振幅の時間的变化に応じて負荷の経時的な変動を検出して異常を検出するとともに、振幅の時間的变化に応じて負荷の瞬時的な変動状態を判定する。この振幅制御部40は、検出した振幅情報を制御出力部50にフィードバックする。

【0015】

制御出力部50は、振幅制御部40からの振幅情報に基づいて巻線11aへの駆動電流 I_d をPWM(Pulse Width Modulation)制御する、つまり駆動回路30にPWM信号を出力する。この制御出力部50は、可動子12の重量やばね14のばね定数等によって決定されるリニア振動アクチュエータ10の機械的な共振周波数に同期した周波数で駆動電流 I_d が巻線11aに供給されるように上記PWM信号を生成する。なお、制御出力部50には、電源20からの電源電圧 V_{cc} に基づき定電圧電源21にて生成された定電圧が

10

20

30

40

50

動作電圧として供給される。

【 0 0 1 6 】

上述のように制御された駆動電流 I_d が巻線 1 1 a に流れると、可動子 1 2 に設けられた永久磁石 1 2 a が、駆動電流 I_d の流れる方向に応じて上記ばね 1 4 を撓ませつつ往復動方向（図中の左右方向）に駆動される。そして、制御出力部 5 0 の制御によって駆動電流 I_d の流れる方向が適宜なタイミングで切り換えられると、可動子 1 2 が図中の左右方向に往復動される。

【 0 0 1 7 】

次に、上述した駆動回路 3 0 及び振幅制御部 4 0 の内部構成例を説明する。

まず、駆動回路 3 0 の内部構成例を説明する。

図 2 に示すように、駆動回路 3 0 は、M O S F E T 等のスイッチング素子 $Q_1 \sim Q_4$ からなるフルブリッジ回路であり、スイッチング素子 Q_1 , Q_3 間の接続点とスイッチング素子 Q_2 , Q_4 間の接続点との間に、上記巻線 1 1 a が接続されている。この駆動回路 3 0 は、スイッチング素子 Q_1 , Q_4 のペアとスイッチング素子 Q_2 , Q_3 のペアとが制御出力部 5 0 からの P W M 信号に基づいて交互にオンされることで、巻線 1 1 a に流す駆動電流 I_d の方向を切り替えて上記可動子 1 2 を往復動させるものである。

【 0 0 1 8 】

次に、振幅制御部 4 0 の内部構成例を説明する。

増幅回路 4 1 は、巻線 1 1 a の両端電圧、つまり巻線 1 1 a に生じる誘起電圧 E を増幅し、その増幅後の増幅電圧 V_n を比較回路 4 2 , 4 3 に出力する。比較回路 4 2 は、零電圧である基準電圧 V_0 と増幅電圧 V_n とを比較し、その比較結果に応じた信号レベルの出力信号 S_1 をマイクロコントローラ（マイコン）4 4 内の振幅換算回路 4 5 に出力する。また、比較回路 4 3 は、基準電圧 V_0 よりも所定電圧低い基準電圧 V_1 と上記増幅電圧 V_n とを比較し、その比較結果に応じた信号レベルの出力信号 S_2 を振幅換算回路 4 5 に出力する。なお、基準電圧 V_1 は、基準電圧 V_0 よりも所定電圧高い電圧に設定してもよい。

【 0 0 1 9 】

マイコン 4 4 は、振幅換算回路 4 5 と、振幅換算回路 4 5 にて検出された可動子 1 2 の振幅を記憶するメモリ 4 6 と、メモリ 4 6 に記憶された振幅の時間的变化に応じて負荷の変動を判定する制御回路 4 7 とを有している。

【 0 0 2 0 】

振幅換算回路 4 5 は、出力信号 S_1 の信号レベルに基づいて、図 3 に示すように、増幅電圧 V_n が基準電圧 V_0 ($= 0 V$) と同電圧になった時間 T_0 を検出し、その時間 T_0 を可動子 1 2 の振幅の折り返し点として判断する。詳述すると、図 4 に示すように、巻線 1 1 a には、可動子 1 2 の往復動に応じて正弦波状の誘起電圧 E が生じる。この誘起電圧 E の波形はリニア振動アクチュエータ 1 0 の機械的な共振周波数と同一周波数である。また、この誘起電圧 E は、可動子 1 2 の振幅、変位、振動の速度、振動の加速度や振動の方向等に応じて変化し、可動子 1 2 の速度が大きくなるにしたがって当該誘起電圧 E も大きくなる。例えば可動子 1 2 がその往復動の振幅の一端（右端又は左端）に達した時、すなわち可動子 1 2 の速度が零になった時、その可動子 1 2 が有する永久磁石 1 2 a の動きが一旦止まって磁束の変化がなくなるために上記誘起電圧 E が零となる。したがって、巻線 1 1 a の誘起電圧 E (増幅電圧 V_n) が零電圧である時を、可動子 1 2 の振動方向が切り替わる折り返し点であると判断できる。

【 0 0 2 1 】

また、振幅換算回路 4 5 は、出力信号 S_2 の信号レベルに基づいて、図 3 に示すように、増幅電圧 V_n が基準電圧 V_1 と同電圧になった時間 T_1 を検出する。さらに、振幅換算回路 4 5 は、上記時間 T_1 から時間 T_0 までの時間差 T_s を検出し、その時間差 T_s に基づき可動子 1 2 の速度（振幅）を求める。具体的には、振幅換算回路 4 5 は、誘起電圧 E が所定の電圧（基準電圧 V_1 ）になった時から振幅の折り返しタイミング（時間 T_0 ）までの時間（時間差 T_s ）を測定し、その時間差 T_s を振幅に換算している。詳述すると、

リニア振動アクチュエータ 10 は一定周波数で振動し、その可動子 12 の位置及び速度は正弦曲線に則って変化する。したがって、上述した時間差 T_s を測定することにより、リニア振動アクチュエータ 10 の駆動状態（正弦曲線）を唯一に特定することができ、可動子 12 の速度（振幅）を唯一に特定することができる。

【0022】

別の見方をすれば、巻線 11a の誘起電圧 E は、電磁力と振幅と周波数とにより決定され、ここでの変動は可動子 12 の振幅のみに依存するため、その振幅が大きくなるほど当該誘起電圧 E も大きくなる。このため、図 5 に示すように、可動子 12 の振幅が大きくなると時間差 T_s は短くなり（破線参照）、逆に可動子 12 の振幅が小さくなると時間差 T_s は長くなる（実線参照）。これにより、この時間差 T_s を振幅として換算することができる。

10

【0023】

なお、基準電圧 V_1 を基準電圧 V_0 よりも所定電圧高い電圧に設定した場合には、増幅電圧 V_n が基準電圧 V_0 と同電圧になった時間 T_0 から増幅電圧 V_n が基準電圧 V_1 と同電圧になった時間 T_1 までの時間差 T_s を検出して振幅を求めればよい。

【0024】

このような振幅検出は、図 3 に示すように、巻線 11a に駆動電流 I_d が流れていない非通電期間 T_{nc} に実行される。なお、この非通電期間 T_{nc} は、例えば巻線 11a への駆動電流出力を PWM 制御で行うとともに、PWM 出力の最大出力幅を制限することで設けることができる。または、巻線 11a への駆動電流出力を、可動子 12 の片方向駆動については PWM 制御で行い、他方向駆動については固定出力で行うとともに、その固定出力の後の残り時間を非通電期間 T_{nc} として設定することもできる。

20

【0025】

図 3 の例では、上述の振幅検出を、片方向の折り返し点（右端における折り返し点）のみで実行するようにしているが、両方向の折り返し点（右端及び左端における折り返し点）で実行するようにしてもよい。

【0026】

そして、図 2 に示す振幅換算回路 45 は、検出した可動子 12 の振幅を、メモリ 46 と制御出力部 50 とに出力する。

制御回路 47 は、メモリ 46 に格納された可動子 12 の振幅の時間的变化に応じて負荷の経時的な変動を検出し、その検出結果に応じて異常を検出する。また、制御回路 47 は、可動子 12 の振幅の時間的变化に応じて負荷の瞬時的な変動の発生し易さの度合を判定し、その判定結果に応じて可動子 12 の制御方法を変更する。

30

【0027】

制御出力部 50 は、振幅換算回路 45 にて検出された振幅の折り返しタイミングに合わせて駆動電流 I_d の出力タイミングを制御するように PWM 信号を生成する。具体的には、制御出力部 50 は、図 3 に示すように、振幅の折り返し点から所定時間 T_a 後にスイッチング素子 Q_1 、 Q_4 を所定時間 T_b の間オンさせて第 1 方向の駆動電流 I_d を巻線 11a に供給させる。また、制御出力部 50 は、振幅の折り返し点から所定時間 T_c ($> T_a + T_b$) 後にスイッチング素子 Q_2 、 Q_3 を所定時間 T_d の間オンさせて上記第 1 方向とは反対方向の駆動電流 I_d を巻線 11a に供給させる。

40

【0028】

さらに、制御出力部 50 は、振幅換算回路 45 からの振幅情報に基づいて、可動子 12 の振幅が目標値と一致するように PWM 信号を生成する。例えば制御出力部 50 は、可動子 12 の振幅が目標値と一致するように駆動電流 I_d の電流量を制御する。具体的には、制御出力部 50 は、可動子 12 の振幅が目標値と一致するように、上述した所定時間 T_b 、 T_d （通電時間）の長さ、つまりデューティ比を制御して駆動電流 I_d の電流量を制御する。

【0029】

次に、このように構成された電気かみそり 1（特に、制御回路 47）の動作を図 6 及び

50

図 7 に従って説明する。

今、駆動回路 30 から供給される駆動電流 I_d によってリニア振動アクチュエータ 10 の可動子 12 が往復動されている。このとき、可動子 12 の振幅の折り返し点ごとにその振幅が検出され、その振幅がメモリ 46 に格納される。制御回路 47 は、このメモリ 46 に格納された振幅を、図 6 や図 7 に示すように、時間軸上に並べることにより、振幅の経時的な増減（変化）を検出する。ここで、リニア振動アクチュエータ 10 を駆動している電源 20 の電源電圧 V_{cc} が一定に維持されている状態での振幅の増減は、その大部分が負荷の増減に起因している。例えば可動子 12 を駆動させて、その先の負荷を振動させる場合において、振動させている負荷部分に徐々に汚れやごみ等が付着すると、これが抵抗となり可動子 12 の振幅が低下する。このため、可動子 12 の増減を検出することにより、負荷の増減を擬似的に検出することができる。

10

【 0 0 3 0 】

そこで、制御回路 47 は、可動子 12 の振幅の経時的な変化の傾向を検出することにより、負荷の経時的な変動の傾向を検出している。図 6 の例では、可動子 12 の振幅が瞬時的な増減を繰り返しながら、その振幅が経時的に徐々に減少している。このときの制御回路 47 は、時間が進むにつれて可動子 12 の振幅が徐々に減少する傾向（減少傾向：矢印参照）を検出することができる。これにより、制御回路 47 は、負荷の経時的な変動の傾向（増大傾向）を検出することができるため、駆動の変化を早期に検出することができる。このため、異常発生時に早い段階で警告表示や駆動停止などの対策を行うことができる。

20

【 0 0 3 1 】

ここで、例えば瞬時値で異常を検出する場合には、部品ばらつき等も考慮して異常と考えられる異常値 A_1 よりも振幅が低くなったときにはじめて異常を検出することができる。これに対し、振幅の経時的な変動に基づき異常を検出する場合には、負荷の経時的な変動の傾向を検出することができるため、振幅が異常値 A_1 よりも低くなる前に異常を検出することができる。したがって、瞬時値で異常を検出する場合よりも早い段階で、且つ高い精度で異常を検出することができる。

【 0 0 3 2 】

また、制御回路 47 は、所定時間内における振幅の増減の回数をカウントすることにより、負荷の瞬時的な変動が発生し易い状況か否かを判定している。すなわち、図 7 の期間 T_{e1} に示すように、所定時間内における振幅の増減の回数が少ない場合には、制御回路 47 は負荷変動が発生しにくい状態であると判定する。この場合には、制御回路 47 は、駆動電流 I_d の制御において、安定性の高いフィードバック制御を行うように制御出力部 50 等を制御する。例えば制御回路 47 は、振幅換算回路 45 にて検出される振幅情報に基づいて駆動電流 I_d を制御するためのフィードバックループのループ利得を小さくするように変更する。

30

【 0 0 3 3 】

一方、図 7 の期間 T_{e2} に示すように、所定時間内における振幅の増減の回数が多い場合には、制御回路 47 は負荷変動が発生しやすい状態であると判定する。この場合には、制御回路 47 は、駆動電流 I_d の制御において、負荷変動に対しての応答性を向上させるように制御出力部 50 等を制御する。例えば制御回路 47 は、上記駆動電流 I_d を制御するためのフィードバックループのループ利得を大きくするように変更する。

40

【 0 0 3 4 】

以上説明した本実施形態によれば、以下の効果を奏することができる。

(1) 振幅の時間的な変化に基づいて負荷の経時的な変動を検出するようにした。これにより、負荷の経時的な変動の傾向を検出することができ、瞬時値で異常を検出する場合よりも早い段階で駆動の変化を検出することができる。このため、瞬時値で異常を検出する場合よりも早い段階で異常を検出することができ、その異常に対して早い段階で駆動を停止させるなどの対策を行うことができる。

【 0 0 3 5 】

50

(2) 振幅の増減の回数に基づいて負荷の瞬時的な変動の発生し易さの度合を判定し、その判定結果に応じて可動子12の制御方法(例えば、ループ利得)を変更するようにした。これにより、振幅の増減の回数をカウントするという簡易な方法によって負荷の変動状態を判定することができるとともに、その負荷の変動状態に適した駆動をさせることができる。

【0036】

(3) ところで、リニア振動アクチュエータ10の駆動状態(ここでは、可動子12の振幅)を検出する方法としては、巻線11aに流れる駆動電流I_dを検出する方法も考えられる。しかし、この方法では、リニア振動アクチュエータ10の駆動に必要なパルス放電での電流検出のために所定時間の積分値を求めるなどの追加手段が必要であり、さらに積分により検出データを丸めてしまうことで情報量を減らしてしまうといった問題が生じる。これに対し、本実施形態では、駆動電流I_dを検出することなく、巻線11aに発生する誘起電圧Eを検出することにより可動子12の振幅を検出しているため、上述した問題が発生しない。

【0037】

なお、本発明の実施形態は、以下のように変更してもよい。

・上記実施形態では、時間差T_sに基づいて可動子12の振幅を検出するようにした。これに限らず、例えば図8や図9に示すように、所定時間における誘起電圧Eの電圧差に基づいて可動子12の振幅を検出するようにしてもよい。具体的には、図8に示すように、振幅の折り返しタイミング(時間T₀)から所定時間T₂経過後の誘起電圧Eの電圧値V₂を測定し、零電圧と電圧値V₂との電圧差V_sを測定し、その電圧差V_sを振幅に換算するようにしてもよい。詳述すると、リニア振動アクチュエータ10は一定周波数で振動し、その可動子12の位置及び速度は正弦曲線に則って変化する。したがって、上述した電圧差V_sを測定することにより、リニア振動アクチュエータ10の駆動状態(正弦曲線)を唯一に特定することができ、可動子12の速度(振幅)を唯一に特定することができる。すなわち、図8に示すように、電圧差V_sが小さい場合(実線参照)には可動子12の振幅が小さいことを示し、電圧差V_sが大きい場合(破線参照)には可動子12の振幅が大きいことを示している。

【0038】

また、図9に示すように、振幅の折り返しタイミング(時間T₀)から所定時間T₃経過後の誘起電圧Eの電圧値V₃と、所定時間T₄経過後の誘起電圧Eの電圧値V₄とを測定し、それらの電圧差を測定し、その電圧差を振幅に換算するようにしてもよい。なお、このようにして振幅を検出する場合には、例えば図2に示した比較回路42, 43をアナログ/デジタル変換回路に変更すればよい。

【0039】

・上記実施形態では、巻線11aに発生する誘起電圧Eを検出することにより可動子12の速度を検出するようにしたが、その速度と相関のある可動子12の変位や加速度を検出するようにしてもよい。

【0040】

・あるいは、検出手段として加速度センサ等を別途設け、そのセンサ出力などから可動子12の変位、速度又は加速度を検出するようにしてもよい。

・上記実施形態における可動子12は、永久磁石12aの代わりに電磁石を備えるようにしてもよい。この場合には、電磁石からなる固定子11の代わりに永久磁石からなる固定子を用いるようにすればよい。

【0041】

・上記実施形態におけるリニア振動アクチュエータを、固定子11が完全に固定されていない可動固定子を用いたリニア振動アクチュエータに具体化してもよい。

・上記実施形態では、リニアアクチュエータとしてリニア振動アクチュエータ10に具体化した。これに限定されない。例えばリニアアクチュエータとしてリニア電磁アクチュエータに具体化してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

・上記実施形態におけるリニア振動アクチュエータ10を電気かみそりに適用してもよい。この場合、可動子12の振幅の増減の回数及び負荷の瞬時的な変動の発生し易さの度合は、使用者の体毛(例えば、髭)の量に相当する。詳述すると、リニア振動アクチュエータを用いて構成される電気かみそりでは、固定された外刃と、可動子12に駆動連結されリニア振動アクチュエータにより往復動される内刃とに髭が挟まれることにより、その髭が切除される。このような電気かみそりの外刃に髭が入ると、可動子12の振幅が小さくなり、その髭がなくなると可動子12の振幅が大きくなる。すなわち、髭が外刃に入らなくなると、可動子12の振幅の増減(図7の破線枠参照)が発生する。このため、この振幅の増減の回数が外刃に入った髭の本数に相当する。

10

【 0 0 4 3 】

そこで、制御回路47において、可動子12の振幅の増減の回数をカウントすることにより、使用者の髭の本数(髭の濃さ)を判定するようにしてもよい。この場合には、判定した髭の濃さに基づいて、可動子12の速度を変更する。具体的には、図7の期間Te1に示すように、所定時間内における振幅の増減の回数が少ない場合には、制御回路47は使用者の髭の量が少ないと判定し、可動子12の速度を下げるように可動子12の振幅の目標値を低く変更する。逆に、図7の期間Te2に示すように、所定時間内における振幅の増減の回数が多い場合には、制御回路47は使用者の髭の量が多いと判定し、可動子12の速度を上げるように可動子12の振幅の目標値を高く変更する。これにより、髭が濃い場合であっても薄い場合であっても常に良好な切れ味を得ることができ、肌への刺激も抑えることができる。

20

さらに、ここでは、駆動電流I_dの周波数をリニア振動アクチュエータ10の機械的な共振周波数に同期させたまま、振幅の目標値のみを変更して可動子12の制御方法を変更するようにしている。これにより、効率良く可動子12を駆動させつつ、剃り性能を向上させることができる。

【 0 0 4 4 】

(課題を解決するための手段に関する付記)

〔付記1〕

電磁石または永久磁石を含む固定子または可動固定子、および、永久磁石または電磁石を含む可動子を備えるリニアアクチュエータの駆動方法において、

30

前記可動子の変位、速度、および、加速度の少なくとも1つを検出し、その検出値に応じて前記可動子を往復動させるための駆動電流を制御し、前記検出値の時間的变化に応じて負荷の経時的な変動を検出する

リニアアクチュエータの駆動方法。

〔付記2〕

前記検出値の増減の回数を検出することにより、前記負荷の瞬時的な変動の発生し易さの度合を判定し、その判定結果に応じて前記可動子の制御方法を変更する

付記1に記載のリニアアクチュエータの駆動方法。

〔付記3〕

前記判定結果に応じて、前記駆動電流を制御するためのフィードバックループのループ利得を変更する

40

付記2に記載のリニアアクチュエータの駆動方法。

〔付記4〕

前記判定結果に応じて前記可動子の振幅の目標値を変更する

付記2に記載のリニアアクチュエータの駆動方法。

〔付記5〕

前記電磁石の巻線に前記駆動電流が流れていない非導通期間内において、前記可動子の往復動に伴って前記巻線に発生する誘起電圧を検出することで前記検出値を検出する

付記1～4のいずれか一項に記載のリニアアクチュエータの駆動方法。

〔付記6〕

50

電磁石または永久磁石を含む固定子または可動固定子と、永久磁石または電磁石を含む可動子とを備えるリニアアクチュエータを駆動するための駆動方法であって、

前記可動子を往復動させるための駆動電流を前記可動子の変位、速度、および、加速度の少なくとも1つに関する検出結果である検出値に応じて制御し、前記検出値の時間的変化に基づいて負荷の経時的な変動の傾向を検出する

リニアアクチュエータの駆動方法。

〔付記7〕

前記リニアアクチュエータの電源電圧が一定に維持された状態において前記検出値を検出する

請求項1～5のいずれか一項、または、付記1～6のいずれか一項に記載のリニアアクチュエータの駆動方法。

10

【符号の説明】

【0045】

10 : リニア振動アクチュエータ (リニアアクチュエータ)

11 : 固定子

11a : 巻線

12 : 可動子

12a : 永久磁石

13 : フレーム

14 : ばね

20

20 : 電源

21 : 定電圧電源

30 : 駆動回路

40 : 振幅制御部

41 : 増幅回路

42 : 比較回路

43 : 比較回路

44 : マイクロコントローラ

45 : 振幅換算回路

46 : メモリ

30

47 : 制御回路

50 : 制御出力部

Q1 : スイッチング素子

Q2 : スイッチング素子

Q3 : スイッチング素子

Q4 : スイッチング素子

I d : 駆動電流

V c c : 電源電圧

V 0 : 基準電圧

V 1 : 基準電圧

40

V 2 : 電圧値

V 3 : 電圧値

V 4 : 電圧値

V n : 増幅電圧

V s : 電圧差

E : 誘起電圧

S 1 : 出力信号

S 2 : 出力信号

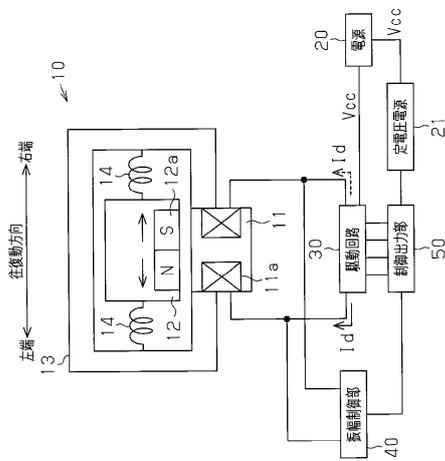
T 0 : 時間

T 1 : 時間

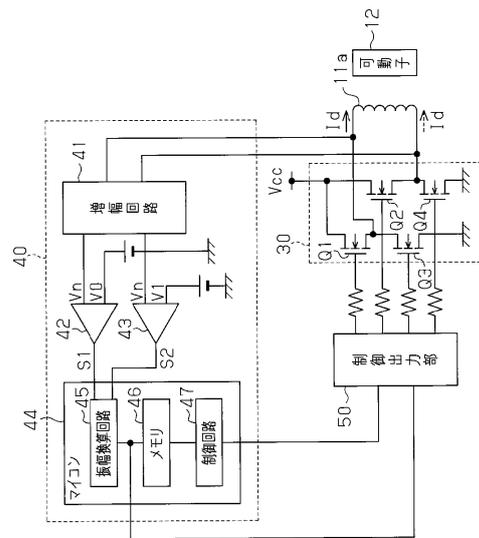
50

- T 2 : 所定時間
- T 3 : 所定時間
- T 4 : 所定時間
- T a : 所定時間
- T b : 所定時間
- T c : 所定時間
- T d : 所定時間
- T s : 時間差
- T e 1 : 期間
- T e 2 : 期間
- T n c : 非通電期間

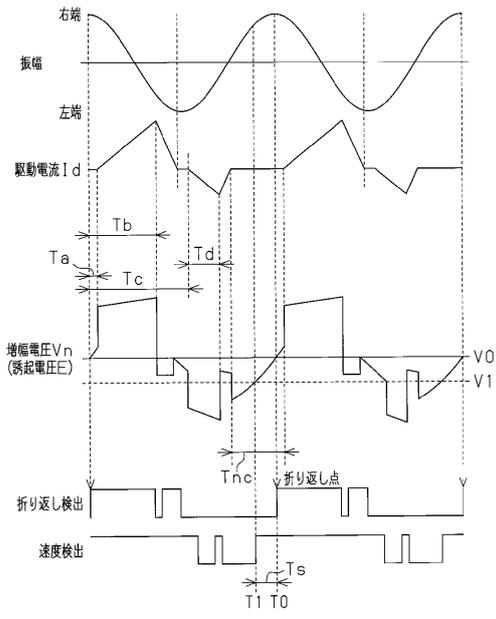
【 図 1 】



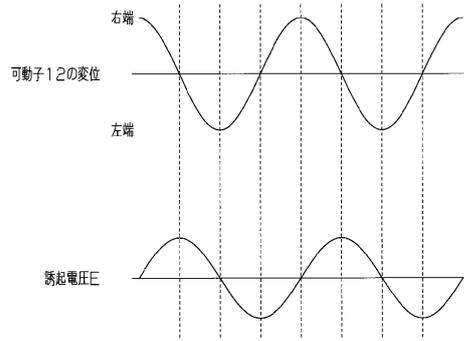
【 図 2 】



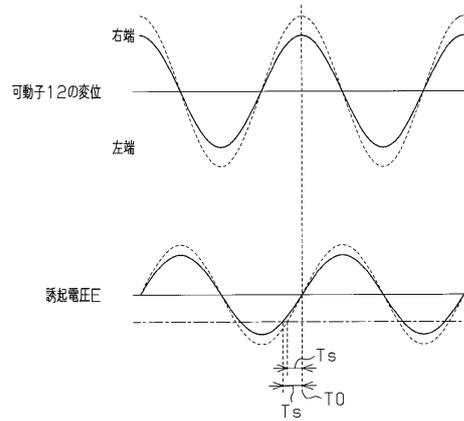
【図3】



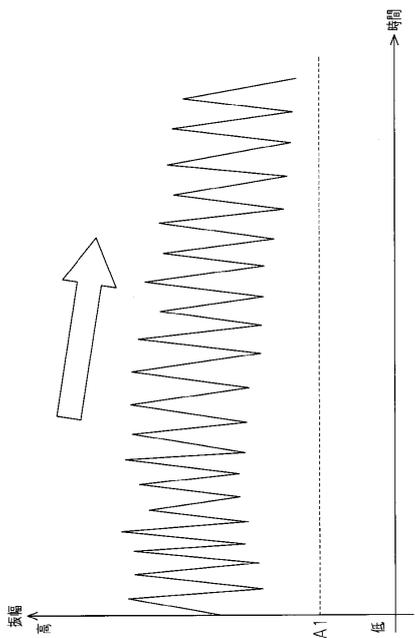
【図4】



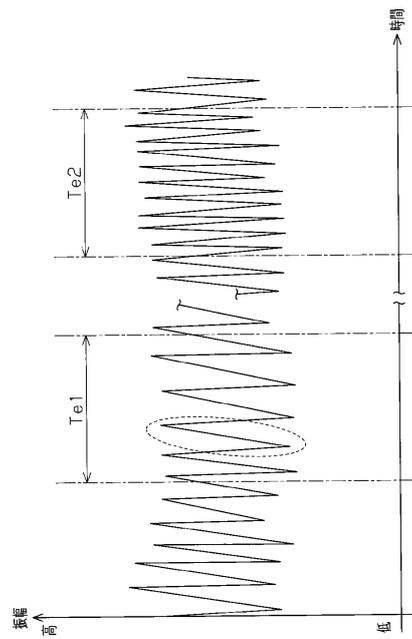
【図5】



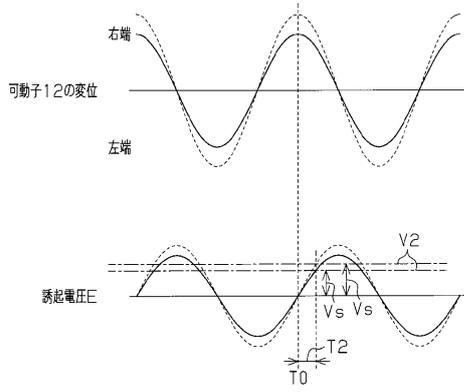
【図6】



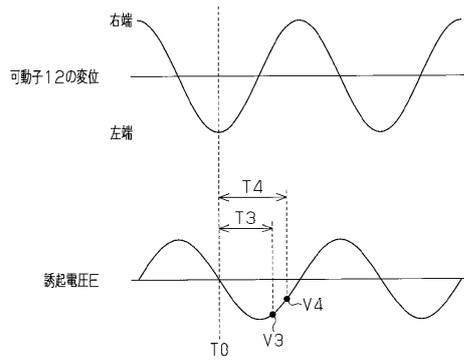
【図7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 渡部 一訓

大阪府門真市大字門真1048番地 パナソニック電工 株式会社 内

審査官 宮崎 基樹

(56)参考文献 特開2001-016892(JP,A)

特開平06-165554(JP,A)

特開平07-281729(JP,A)

特開昭63-239504(JP,A)

特開平05-084381(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 5/00

H02P 25/06

H02K 33/00