

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-287189

(P2005-287189A)

(43) 公開日 平成17年10月13日(2005. 10. 13)

(51) Int. Cl.⁷

H02P 8/22

H02P 8/12

F I

H02P 8/00

H02P 8/00

C

L

テーマコード (参考)

5H580

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2004-97714 (P2004-97714)

(22) 出願日 平成16年3月30日 (2004. 3. 30)

(71) 出願人 000228730

日本サーボ株式会社

東京都千代田区神田美土代町 7

(72) 発明者 竹森 顕緒

群馬県桐生市相生町 3-93 番地

日本サーボ株式会社

研究所内

(72) 発明者 桑野 好文

群馬県桐生市相生町 3-93 番地

日本サーボ株式会社

研究所内

(72) 発明者 鷹 広昭

群馬県桐生市相生町 3-93 番地

日本サーボ株式会社

研究所内

最終頁に続く

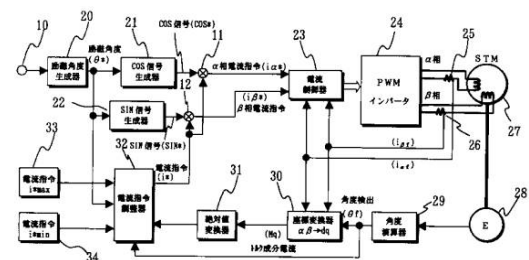
(54) 【発明の名称】 ステッピングモータ駆動装置

(57) 【要約】

【課題】 従来、ステッピングモータの電流制御系は、電流指令を固定値としている事が多い。このため、ステッピングモータは、停止時および低速時においても所定の電流を流すため、消費電力が大きく効率が悪いという問題がある。

【解決手段】 前記課題を解決するために本発明では、マイクロステップ機能を有するステッピングモータの駆動装置において、前記外部指令パルスから正弦波状モータ電流を発生させるための励磁角度生成器と、電流制御器と、電流検出器と、角度検出器と、前記電流検出器の電流値を該角度検出器のロータ回転角度値で座標変換してトルク成分電流を算出する座標変換器と、トルク成分電流を絶対値に変換する絶対値変換器と、モータを駆動することができる最小電流指令値からモータの出力トルクが最大となる最大電流指令値までの範囲を連続的に可変する電流指令調整器を有し、モータの負荷トルクに応じて前記電流指令を可変するように構成する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外部指令パルスの印加ごとに正弦波状に変化するモータ巻線電流を通電し、基本ステップ角を細分化するマイクロステップ機能を有する外部指令パルスの印加ごとにモータが歩進回転するステッピングモータの駆動装置において、前記外部指令パルスから正弦波状モータ電流を発生させるための励磁角度を生成する励磁角度生成器と、励磁角度から指令速度を算出する指令速度検出器と、電流指令によりモータの励磁電流を制御する電流制御器と、モータに流れる電流を検出する電流検出器と、ロータ回転角度を検出する角度検出器と、ロータ回転角度からロータ速度を算出する速度検出器と、前記電流検出器の正弦波(交流)電流値を該角度検出器のロータ回転角度値で固定座標系から回転座標系へ変換して磁束を発生するための電流と直交してトルク発生に関与するトルク成分電流を算出する座標変換器と、該トルク成分電流を絶対値に変換する絶対値変換器と、モータを駆動することができる最小電流とする最小電流指令値からモータの出力トルクが最大となる最大電流指令値までの範囲を連続的に可変する電流指令調整器を有し、モータの負荷トルクに応じて前記電流指令を可変するように構成したステッピングモータ駆動装置。 10

【請求項 2】

前記駆動装置において、前記電流指令調整器は指令速度とロータ速度との差から速度偏差を算出して基準とする速度差より大きいと判断した時に電流指令を所定の期間だけ最大値にするように構成した請求項 1 に記載のステッピングモータ駆動装置。

【発明の詳細な説明】 20

【技術分野】

【0001】

本発明は、位置および速度を制御するためのステッピングモータの駆動装置に関する。

【背景技術】

【0002】

【特許文献 1】特開平 08-098595

【非特許文献 1】特開平 08-098595

【非特許文献 1】ステッピング・モータとマイコン制御、見城、菅原共著、総合電子出版社発行

【0003】 30

従来、非特許文献 231 頁から 233 頁に記載されているように、ステッピングモータの電流制御系は、電流指令を固定値としている事が多い。

このため、ステッピングモータは、停止時および低速時においても所定の電流を流すため、消費電力が大きく効率が悪いという問題がある。また、高速応答が必要とされる場合には電流指令値を大きくしてトルク出力を大きくしたいという要望がある。

【0004】

この改善策として、駆動時には必要トルクが発生できるだけの電流指令を選択できるようにして、停止時には停止後所定時間に達した時に電流指令を必要最小値に下げて消費電力を抑える手法がとられている。

【0005】 40

以下その従来例について説明する。

図 4 の従来例 1 において、ステッピングモータ 27 に対して PWM インバータ 24 でステッピングモータに所定の電圧を印加しロータを回転させる。PWM インバータ 24 の指令は、電流検出器 25、26 で検出した相電流 $i_{\alpha f}$ 、 $i_{\beta f}$ を電流制御器 23 に入力してステッピングモータに流す電流を α 相電流指令 $i_{\alpha*}$ 、 β 相電流指令 $i_{\beta*}$ と一致するように制御するものである。該 α 相電流指令 $i_{\alpha*}$ は、COS 信号 COS* と電流指令設定スイッチ 54 の設定値すなわち電流指令 i^* を乗じたものである。また、該 β 相電流指令 $i_{\beta*}$ は、SIN 信号 SIN* と電流指令設定スイッチ 50 の設定値すなわち電流指令 i^* を乗じたものである。該電流指令設定スイッチ 50 は、ステッピングモータの仕様で決定される定格電流値に対して数種類の設定ができるようになっている。例えば電流指令設定器 50

1 の設定値 1 選択時は定格電流値に対して 120% の設定値，電流指令設定器 2 の設定値 2 選択時は 100% (定格電流値) の設定値，電流指令設定器 3 の設定値 3 選択時は 80% の設定値，電流指令設定器 4 の設定値 4 選択時は 50% の設定値にすることができる。C O S 信号生成器 21 と S I N 信号生成器 22 は，外部指令パルス入力端子 10 に加えられる指令パルスから励磁角度生成器 20 によって生成される励磁角度 θ^* を用いて C O S 信号 C O S* と S I N 信号 S I N* を生成する。

【0006】

図 5 の従来例 2 においては，図 4 と同じ構成に停止判断基準値設定器 35 と指令速度検出器 36 と第 1 の比較器 37 と D フリップフロップ回路 38 とタイマ 39 とタイマ時間設定器 41 と第 2 の比較器 40 と電流指令切換スイッチ 42 を付加した構成である。電流指令設定器 43 の設定値と電流指令設定器 44 の設定値は，スイッチ制御信号の値により切換スイッチ 42 によって切り換えられる。該切換スイッチ 42 の切り換えを行うスイッチ制御信号は，指令速度検出器 36 の出力と停止判断基準値設定器 35 の設定値とを第 1 比較器 37 によって比較して指令速度検出器 36 の出力値が停止判断基準値設定器 35 の設定値と一致した時に 1 クロックの信号を D フリップフロップ回路 38 に出力してタイマスタート信号を 1 とし，同時にタイマ 39 を起動して該タイマ 39 の値とタイマ時間設定器 41 の設定値とを第 2 の比較器 40 によって比較して該タイマ 39 の値が，該タイマ時間設定器 41 の設定値と一致した時にスイッチ制御信号を 0 とするものである。

【0007】

特開平 08-098595 に記載される従来技術内容は，上記電流指令の切り替えをモータの加速回転、定常回転、および減速回転において、各動作条件で予め定められた電流指令を切り替えるもので，条件判定と電流指令の切り替えを C P U (演算処理装置) で行うステッピングモータの制御装置が開示されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

解決しようとする問題点は前述したように，従来の方法では，予め電流指令を一定に設定してステッピングモータの電流を制御するため，消費電力が大きく，効率が悪いという問題があった。また，高速応答が必要とされる場合には電流指令値を大きくしてトルク出力を大きくしたいという要望がある。

【0009】

本発明は，ステッピングモータの駆動装置において，前記問題を解決し，停止時，動作時，更に高速応答時においてもモータの負荷に応じて電流指令を可変できるように制御することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記課題を解決するために本発明では，外部指令パルスの印加ごとに正弦波状に変化するモータ巻線電流を通電し，基本ステップ角を細分化するマイクロステップ機能を有する外部指令パルスの印加ごとにモータが歩進回転するステッピングモータの駆動装置において，前記外部指令パルスから正弦波状モータ電流を発生させるための励磁角度を生成する励磁角度生成器と，励磁角度から指令速度を算出する指令速度検出器と，電流指令によりモータの励磁電流を制御する電流制御器と，モータに流れる電流を検出する電流検出器と，ロータ回転角度を検出する角度検出器と，ロータ回転角度からロータ速度を算出する速度検出器と，前記電流検出器の正弦波 (交流) 電流値を該角度検出器のロータ回転角度値で固定座標系から回転座標系へ変換して磁束を発生するための電流と直交してトルク発生に
関与するトルク成分電流を算出する座標変換器と，該トルク成分電流を絶対値に変換する絶対値変換器と，モータを駆動することができる最小電流とする最小電流指令値からモータの出力トルクが最大となる最大電流指令値までの範囲を連続的に可変する電流指令調整器を有し，モータの負荷トルクに応じて前記電流指令を可変するように構成する。更に，速度偏差が基準値を超えた時に所定の期間だけモータに最大電流を通電するための電流指

令切り換え機能を設ける。

【発明の効果】

【0011】

本発明によるステッピングモータ駆動装置は、負荷に応じて電流指令を最小電流指令値から最大電流指令値の範囲で自動的に、かつ連続的に可変することが可能となる。このため、従来例のように、必要トルクが発生できるだけの電流指令を予めロジックスイッチ等のハード機構により選択する必要がない。また、本発明の前記動作により、モータの消費電力を改善することが可能となり、モータの発熱も抑えることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

発明を実施するための最良の形態を図1に示す。

【実施例】

【0013】

図1は本発明の実施例である。

図1において、ステッピングモータ27に対してPWMインバータ24でステッピングモータに所定の電圧を印加しロータを回転させる。PWMインバータ24の指令は、電流検出器25、26で検出した相電流 $i_{\alpha f}$ 、 $i_{\beta f}$ を電流制御器23に入力してステッピングモータに流す電流を α 相電流指令 $i_{\alpha*}$ 、 β 相電流指令 $i_{\beta*}$ と一致するように制御するものである。該 α 相電流指令 $i_{\alpha*}$ は、COS信号COS*と電流指令 i^* を乗じたものである。また、該 β 相電流指令 $i_{\beta*}$ は、SIN信号SIN*と電流指令 i^* を乗じたものである。COS信号生成器21とSIN信号生成器22は、外部指令パルス入力端子10に加えられる指令パルスから励磁角度生成器20によって生成される励磁角度 θ^* を用いてCOS信号COS*とSIN信号SIN*を生成する。

【0014】

次に本発明の電流指令を制御する動作について詳述する。負荷トルクはモータのトルク成分電流 I_q と比例関係にある。トルク成分電流 I_q は、相電流 $i_{\alpha f}$ と $i_{\beta f}$ とステッピングモータ27に取り付けた角度検出器28の信号から角度演算器29の出力である角度検出 θ_f とを座標変換器30で固定座標系から回転座標系に変換したものである。座標変換器30での演算は、図3のモータベクトル図の関係から数1となる。

【0015】

【数1】

$$I_q = -i_{\alpha f} \cdot \sin \theta_f + i_{\beta f} \cdot \cos \theta_f$$

【0016】

数1、図3からステッピングモータに流す電流を一定とした条件の下でモータ停止時かつ発生トルクがゼロ時の電流ベクトル i は、図3のd軸上だけに投影されるので励磁成分電流 $I_d = i$ となり、トルク成分電流 $I_q = 0$ となる。逆に、ステッピングモータが最大トルクが発生する状態では、電流ベクトル i は、図3のq軸上だけに投影されるのでトルク成分電流 $I_q = i$ となり、励磁成分電流 $I_d = 0$ となる。前記動作は、駆動時においても同様であり、負荷トルクを検出することが可能となる。

【0017】

電流指令 i^* を出力する電流指令調整器32の詳細図を図2に示す。電流指令 i^* は第3の電流指令処理器72の出力 λ_3 と第1の電流指令処理器70の出力 λ_1 と第2の電流指令処理器71の出力 λ_2 とを加算したものである。第1の電流指令処理器70の出力 λ_1 は、Dフリップフロップ65の出力eが0の時に33の出力である最大電流指令値 $i_{\max}$ と第3の電流指令処理器72の出力 λ_3 との差分値 ε_1 が零より小さい時に λ_1 を0とし、それ以外の時とDフリップフロップ65の出力eが1の時には $\lambda_1 = \varepsilon_1$ とするものである。第2の電流指令処理器71の出力 λ_2 は、Dフリップフロップ65の出力eが0の時に34の出力である最小電流指令値 $i_{\min}$ と第3の電流指令処理器72の出力

10

20

30

40

50

λ 3 との差分値 ε 2 が 0 より大きい時に λ 2 を 0 とし、それ以外の時は λ 2 = ε 2 とし、D フリップフロップ 6 5 の出力 e が 1 の時に λ 2 = 0 とするものである。第 3 の電流指令処理器 7 2 の出力 λ 3 は、D フリップフロップ 6 5 の出力 e が 0 の時に比例制御器 6 9 の出力 ε 3 を λ 3 = ε 3 とし、D フリップフロップ 6 5 の出力 e が 1 の時に λ 3 = 0 とするものである。D フリップフロップ 6 5 の出力 e は、指令速度検出器 6 0 の出力とロータ速度検出器 6 1 の出力とを減算した後、絶対値変換器 6 2 にて絶対値変換した値と、高速応答判断基準値設定器 6 3 の設定値とを第 1 の比較器 6 4 によって比較して絶対値変換器 6 2 の出力値が高速応答判断基準値設定器 6 3 の設定値以上となった時に第 1 の比較器 6 4 から 1 クロックの信号を D フリップフロップ回路 6 5 に出力して信号 e を 1 とし、同時にタイマ 6 6 を起動して該タイマ 6 6 の値とタイマ時間設定値 6 8 とを第 2 の比較器 6 7 によって比較して該タイマ 5 0 の値がタイマ時間設定器 4 8 の設定値と一致した時に第 2 の比較器 6 7 から信号を D フリップフロップ回路 4 6 に出力して信号 e を 0 とするものである。

【0018】

3 4 の出力である最小電流指令値 i_{min} は、モータ起動時（電源投入時）に起動トルクを得るための初期設定値である。また 3 3 の出力である最大電流指令値 i_{max} は、モータが出力可能な最大電流指令値であり、電流指令値増により生じる過電流、インバータ破損、モータ過発熱等を考慮して必要最大値とする。

【0019】

高速応答判断基準値設定器 6 3 の設定値は駆動するモータに対して、上位システムから外部指令パルス入力端子 1 0 を通して高速応答の要求がなされたことを判断するための基準値である。タイマ時間設定器 6 8 の設定値は、前記高速応答動作時の最大電流指令設定値 i_{max} 3 3 を維持するための時間設定を行うためのもので、モータの整定時間（モータの動作が安定になるまでの時間）を考慮して設定する。

【0020】

前記手法により、負荷トルクを検出し、負荷トルクに応じて電流指令を最小電流指令値から最大電流指令値の範囲で自動的に、かつ連続的に可変することが可能となる。また、瞬時に高トルクを必要とする大振幅ステップ応答のような高速応答においても、電流指令 i^* が乱れることなく一定値となり、モータの整定時間を短くすることが可能となる。

【0021】

尚、本発明の実施例では、角度検出器にエンコーダを用いているが例えばレゾルバなどの相当性能の検出器であれば代替が可能である。また、モータ軸直結のセンサである必要もない。また、2 相ステッピングモータについて詳述したが、多相ステッピングモータにおいても本発明は適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図 1】本発明の実施例である。

【図 2】本発明の電流指令調整器詳細図である。

【図 3】ベクトル図である。

【図 4】従来例 1 である。

【図 5】従来例 2 である。

【符号の説明】

【0023】

1 0	外部指令パルス入力端子
1 1, 1 2	乗算器
1 3, 1 4, 1 5	加算器
1 6	電流指令設定器 1
1 7	電流指令設定器 2
1 8	電流指令設定器 3
1 9	電流指令設定器 4

10

20

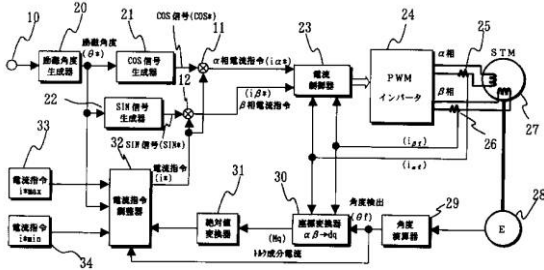
30

40

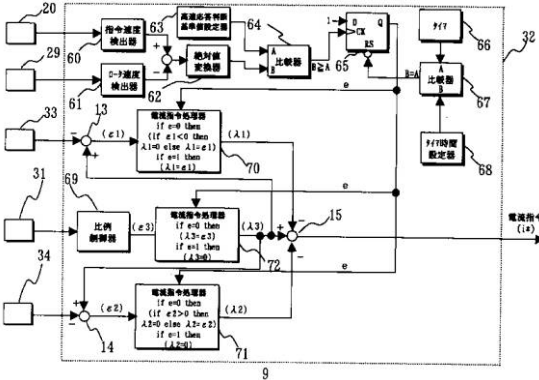
50

2 0	励磁角度生成器	
2 1	COS信号生成器	
2 2	SIN信号生成器	
2 3	電流制御器	
2 4	P W Mインバータ	
2 5, 2 6	電流検出器	
2 7	ステッピングモータ	
2 8	角度検出器 (エンコーダ)	
2 9	角度演算器	
3 0	座標変換器 ($\alpha \beta / d q$ 座標変換器)	10
3 1	絶対値変換器	
3 2	電流指令調整器	
3 3	最大電流指令値設定器	
3 4	最小電流指令値設定器	
3 5	停止判断基準値設定器	
3 6	指令速度検出器	
3 7	第 1 の比較器	
3 8	Dフリップフロップ回路	
3 9	タイマ	
4 0	第 2 の比較器	20
4 1	タイマ時間設定器	
4 2	電流指令切換スイッチ	
4 3	電流指令設定器 1	
4 4	電流指令設定器 2	
5 0	電流指令設定スイッチ	
6 0	指令速度検出器	
6 1	ロータ速度検出器	
6 2	絶対値変換器	
6 3	高速応答判断基準値設定器	
6 4	第 1 の比較器	30
6 5	Dフリップフロップ回路	
6 6	タイマ	
6 7	第 2 の比較器	
6 8	タイマ時間設定器	
6 9	比例制御器	
7 0	第 1 の電流指令処理器	
7 1	第 2 の電流指令処理器	
7 2	第 3 の電流指令処理器	

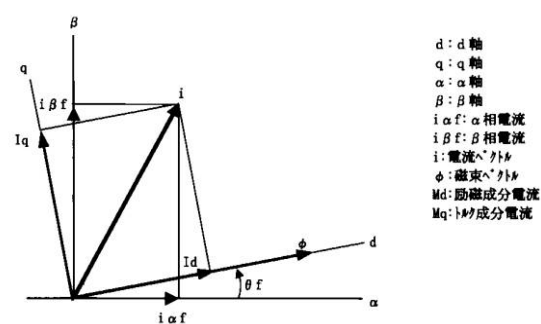
【図 1】



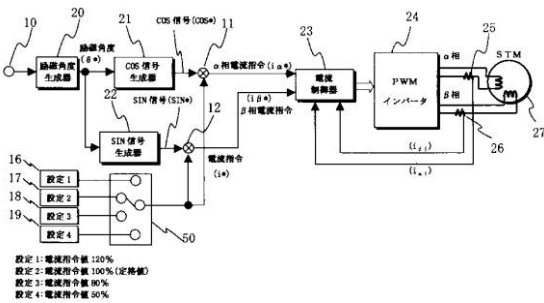
【図 2】



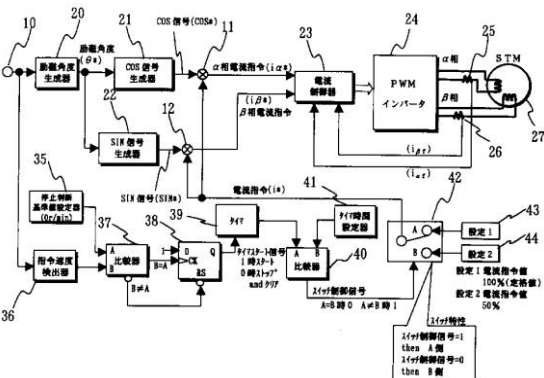
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H580 BB01 CA12 FA02 FA03 FA22 FB01 HH02 HH14