マイクロステップ駆動を用いた リニアパルスモータの力制御

正員 真 田 雅 之 (大阪府立大)

正員 森 本 茂 雄 (大阪府立大)

正員 武 田 洋 次 (大阪府立大)

Thrust Control for Linear Pulse Motor using Micro-step Drive

Masayuki Sanada, Member, Shigeo Morimoto, Member, Yoji Takeda, Member (University of Osaka Prefecture)

キーワード：リニアパルスモータ、マイクロステップ駆動、力制御

1. まえがき

リニアパルスモータ (LPM) は機械的なリンク機構無しに直接直線運動が可能であるので、高精度位置決め用アクチュエータとして多くの利点を有している⁽¹⁾⁽²⁾。また、LPMは他のリニアモータと比較して小さい入力電力で大きな推力が取り出せ、マイクロステップ駆動を用いることにより非常に細かい変位動作が可能である。したがって、LPMを用いて簡単に力制御システムを構成することが可能である。

本レターでは、マイクロステップ駆動を用いたLPMの力制御システムを提案し、実験によりその妥当性について検討を行なっている。

2. マイクロステップ駆動を用いた力制御

LPMの変位推力特性が正弦波状であると仮定すると、マイクロステップ駆動時の発生推力 F_{ms} は、

$$F_{ms} = -kI_R \sin(\theta - \mu) \quad (1)$$

となる⁽³⁾。ここで、 k はモータの推力定数、 θ は電気角で表わした移動子位置、 I_R は電流の振幅、 μ はマイクロステップ励磁電流の位相である。

マイクロステップ駆動では、図1(a)に示すように励磁電流位相 μ を $\mu_1 \rightarrow \mu_2 \rightarrow \mu_3$ のように制御することにより、 $F_{ms}=0$ となる安定点 $\theta = \mu$ に移動子位置を制御することが可能となる。つぎに図1(b)に示すように、移動子が非常に剛性の高い外部環境に接している場合を考える。励磁電流位相を図1(a)の場合と同様に $\mu_1 \rightarrow \mu_2 \rightarrow \mu_3$ と変化させても移動子がほとんど変位しなければ、図中 $a \rightarrow b \rightarrow c$ のように外部環境に対する接触力が電流位相にしたがって変化する。これは、(1)式において励磁電流位相 μ の変化、すなわち $\theta - \mu$ の変化により、発生推力 F_{ms} を制御できるということからわかる。したがって、LPMのマイクロステップ駆動を用いることで、移動子が対象物に接していない場合は位置を、そして、対象物に接した後は接触力を制御する

ことが可能となる。

3. 実験結果

図2に実験システムの概略図を示す。外部環境への力はLPMの一端に設けられている力センサにより検出している。マイクロステップ電流位相の分割数は256であり、制御

(a) 位置制御

(b) 力制御

図1 マイクロステップ駆動の概念図

Fig. 1. Application of micro-step drive.

図2 実験システム

Fig.2. Experimental system.

図3 ステップ応答

Fig.3. Step response.

ループの実行時間は0.4msである。図3は、PI制御を用いた力制御システムのステップ応答である。力の指令値は時刻100msで20Nから50Nにステップ変化させている。図3から接触力はかなり良好に制御されることがわかる。応答時間は約10msであり、定常偏差は約0.7Nである。定常偏差が若干生じているが、これはLPMのマイクロステップ駆動時の位置決め分解能によるものである。これはマイクロステップ電流位相の分割数を細かくして分解能を向上することにより改善される。周波数特性を図4に示す。この力制御システムは簡単な構成にもかかわらず良好な特性が得られ、約150Hzまで低周波数領域と同等のゲインであるので、このシステムの応答周波数は約150Hz(-3dB)である。

4. まとめ

LPMのマイクロステップ駆動を用いた簡単な力制御システムを提案した。実験から、LPMを用いた力制御システムは、簡単な構成にもかかわらずかなり速い応答を得ることができた。本システムは高速鉄道用のアクティブパンタグラフや電子部品装着機等への応用が可能と考えられる。

(平成5年10月5日受付)

文 献

- (1) 山田：リニアモータ応用ハンドブック，工業調査会，pp. 312~327 (昭61)
- (2) 海老原 他：「円筒状リニアパルスモータの位置決め精度向上に関する検討」，電学論D，111, 887 (平3-10)

図4 周波数特性

Fig.4. Frequency characteristics.

- (3) 高木・真田 他：「LPMを用いた力制御におけるパラメータ変化の影響」，平5 電学産応全大，No. 143

真田 雅之 (正員)

昭和41年6月1日生。平成3年3月大阪府立大学大学院工学研究科電気工学修士課程修了。同年4月同研究科博士課程進学、現在に至る。この間、主としてリニアモータの研究に従事。パワーエレクトロニクス研究会学生員。

森本 茂雄 (正員)

昭和34年6月28日生。59年3月大阪府立大学大学院工学研究科電気工学修士課程修了。同年4月三菱電機(株)入社。63年7月大阪府立大学工学部助手、平成5年7月同講師、現在に至る。工学博士。この間、主としてインバータシステム、ACサーボ制御システムの研究に従事。IEEE、計測自動制御学会、パワーエレクトロニクス研究会会員。

武田 洋次 (正員)

昭和18年11月10日生。43年3月大阪府立大学大学院工学研究科電気工学修士課程修了。同年4月同大学工学部助手、62年4月同講師、平成2年7月同助教授、5年4月同教授、現在に至る。工学博士。この間、主として電動機の変速制御システム、DD用アクチュエータならびにリニアモータの研究に従事。IEEE、システム制御情報学会、パワーエレクトロニクス研究会会員。