

横編み機針駆動に用いるリニア直流モータの制御特性の改善に関する応用的研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/16261

氏名	杜 基 雲
生年月日	
本籍	中国
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第322号
学位授与の日付	平成11年9月30日
学位授与の要件	課程博士(学位規則第4条第1項)
学位授与の題目	横編み機針駆動に用いるリニア直流モータの制御特性の改善に関する 応用的研究
論文審査委員(主査)	藤田 政之(工学部・助教授)
論文審査委員(副査)	神谷 好承(工学部・教授) 長谷川誠一(研究科・教授) 岩原 正吉(工学部・教授) 松村 文夫(石川高専・校長)

学位論文要旨

Abstract

Recent years using linear dc motor as actuator is getting more popular in the industry. Knitting machine, is one of example in which linear dc motor is used to drive the needle. In this paper, we study the realized method of high speed and high accuracy position control of the linear dc motor. There are 1,200 motors used in one knitting machine. In order to reduce its cost, hardware configuration of the position control system should be simplified as much as possible. For example, dispose only one low-resolution linear encoder for each motor.

In this study, we have studied characteristics and structure of the linear dc motor, and have also studied control characteristics of optimal control and model reference adaptive control for the linear dc motor. However, there is a limitation of control characteristics. We propose a method to improve control performances. In the method, A two-degrees-of-freedom (TDOF) position control system is constructed for the position control mentioned above. But experimental results show that with only the TDOF position control system, it is difficult to obtain the position control where much higher accuracy is required. In the same knitting process, The motion pattern of the needle within each cycle appears repeatedly. Based upon this feature, we introduce directly the iterative learning control method to the TDOF position control system. The method we proposed here is that: based upon error messages of position, velocity, and acceleration of the object being controlled, the objective value defined for the next iteration would be modified through an appropriate algorithm, and the trace accuracy expected would be reached through the iteration. But we find that during the iterative learning process, the response delay of the position control system is one important factor that influences the convergence of the learning process. The convergence condition would be destroyed by the response delay. Because of this, a method of using both error leading compensation and filter compensation is proposed to make the error to converge to the neighborhood of zero.

Based upon existing equipment, we focus on tracing the objective path of the needle accurately and smoothly while needles are highly speeded. The method we proposed here is thus formed step by step.

論文要旨

現在、リニアモータは産業機械などのアクチュエータとして広く普及しつつある。本研究の制御対象であるコンピュータ制御の横編み機は応用例の一つであり、リニア直流モータは針駆動用モータとして用いられる。1台の横編み機において数千個のモータが使用されているので、ハードウェアの低コスト化が必要となる。例えば、リニア直流モータに対して、位置センサしか配置していない、かつ低コスト化のため分解能の高いセンサを使うことは許されない。しかしながら、生産性と品質の向上、合理化に大きく寄与するため、より高精度、より高速度な位置制御への期待が高まっている。

本研究では、横編み機で針駆動用リニア直流モータに対して、現有の装置をそのまま使用する上、通常編成で与えられた針の運動パターンに高精度で滑らかに追従することに焦点を当て、提案する制御法で得られた制御特性を詳細に考察した。

本論文は全7章で構成されており、以下に主要な結果をまとめて示す。

第1章の緒論において研究の主題、解決すべき問題、これらに関する歴史の背景及び本研究の構成などについて記述した。

第2章では、まず、本研究の対象であるコンピュータで制御する横編み機について説明すると共に、針駆動に用いるリニア直流モータの構成と特性を述べた。そして、このモータの制御系を構成する際には、制御系に対する制約要素の検討を行った。

第3章では、まず、実機で使用している制御系の現状及び内在する課題を整理すると共に、従来の制御系を用いた制御結果の問題点を示した上で、針の運動パターンの速度と加速度の情報による適応フィードフォワード補償法を提案し、その制御性能を実機で検証した。

一般には、モータの負荷及びモータドライバの物理パラメータはすべてゲインと時定数に含まれている。しかし、その二つパラメータを正確に知ることができない、変化する時、追従特性が著しく悪化する。このため、次に、制御対象のゲインと時定数にマッチングする規範モデル形適応制御系を採用すると共に、適応パラメータ調整則を新たに提案した。そして、リニア直流モータの速度と位置ループに対応する1次と2次規範モデル適応制御系を構成し、その制御結果を示した。この章において、理論の解析と実験の結果により、次の結果が得られた。

(1). 目標信号の速度と加速度情報を用いたフィードフォワード型制御器を使用することにより、追従精度に対してある一定改善があるが、ストロークあたり推力の大きな変化があるのモータに対して、さらに高精度の追従結果を得ることが困難である。

(2). 規範モデル適応制御系は追従精度をアップしたが、規範モデルとマッチングする時、時間がかかるため、より高精度の追従特性を得ることが困難である。

(3). 前述のモータの特性と制御系の制限要素のため、上述の制御法だけで、更に良い制御特性が得られることが困難であることが明らかである。つまり、このままでは良い編み物ができなかった。

第4章では、第3章で示している制御法の問題点に対して、2自由度制御系の手法をこのリニア直流モータの制御に導入している。2自由度制御系は目標値仕様とフィードバック仕様を共に満たすことができるため、産業界において広く使用されている。この章において、2自由度制御系をこのリニア直流モータの制御への適用法を示すと共に、コントローラの実現において、より柔軟で有用性が高いパラメータ決定法を提案している。この制御系によって得られる制御結果を第3章の結果と比較を行うと、より良い制御結果が得られた。

しかしながら、この制御系では、高速目標値に対して、追従誤差を小さくする効果はあるが、パラメータの変動や構造の不確かさなどで誤差を生じたら応答の修正を行うため、十分な高精度の追従がこの枠内で本質的に得られることも困難であることがわかる。つまり、目標値応答特性とフィードバック特性の干渉のためこの2自由度制御の枠内でこの結果以上の応答を得ようとするのに無理がある。

第5章では、第4章で得られた制御結果を更に改善するために、針の運動パターンが各サイクルにおいて繰り返し現れる特徴を利用し、学習制御を導入した。従来の学習制御法を整理すると共に、制御対象の位置、速度及び加速度の誤差情報に基づいて次の設定目標値を修正していくことで、新しい学習制御アルゴリズムを提案した。この章において、まず、むだ時間をもつ場合、安定な学習制御はむだ時間で不安定

になることに明らかにし、リニア直流モータの位置学習制御系を構成する際に重要な問題となることを指摘している。この問題に対して、むだ時間を打ち消すために、誤差進み補償を考えた。実際の制御系では、正確にむだ時間を同定することが困難であるため、進み補償の時間はむだ時間と一致できない、学習制御は不安定になる可能性もある。これに対して、誤差進み補償とフィルタ補償を併用する補償法を提案した。理論的解析結果によって、安定な学習制御を容易に得る。この方法を横編み機の針駆動用リニア直流モータの位置制御に適用し、得られた解析結果が実験結果に極めてよく一致することを示した。

(1). 2自由度制御系に学習制御を導入することで、望ましい応答精度を達成するまでの試行回数が少なくなるようになった。

(2). 位置学習制御系において、システムのむだ時間要素と演算器による遅れが学習制御に収束しにくくすることを重要な原因の一つであることがわかった。

(3). 誤差の進み補償とフィルタ補償を併用した補償方法は単純な誤差進み補償と単純なフィルタ補償により更に有効な方法であることがわかった。かつこの補償方法は進み補償時間とフィルタの遮断周波数に対して厳密な制限はない。

(4). この学習制御系を構成する際には、制御対象の情報を用いないことがわかった。

(5). 学習コントローラのパラメータを決めやすいことがわかった。

(6). 提案する制御手法は簡単で、実装も容易で、しかも低コストで実現できることがわかった。

(7). この手法は実用的であり、他の分野への応用にも有益かも知れない。

第6章では、横編み機に用いるリニア直流モータの制御特性が改善されたことに伴って、高精度リニア直流モータのロバスト制御系の構成をまとめて、産業界に代表性を持っている目標パターンに対して、提案した制御系の適用性の検証を行うとともに提案した制御系の外乱抑圧特性を実験とシミュレーションで検証した。本章で示した学習コントローラの動作によってその特徴を以下に述べる。

(1). 2自由度制御系に学習制御を組み合わせることにより、2自由度制御系において外乱の影響によって顕著に現れている位置誤差が抑圧された。

(2). 実機の場合により、望ましい高精度の区間において学習コントローラを動作させて、計算量が大幅に下がる。これも2自由度制御系で学習制御を導入するもう一つの利点である。

(3). システムの入力系列と出力系列を時間的にずらして観測していることにより、学習制御に対する安定は有効である。

第7章では、本研究で得られた成果を総括すると共に、今後の展望について述べる。特に、横編み機に用いるリニア直流モータの制御特性の改善に関する研究の全体を通じて見出された新しい問題及び今後のこの研究について展望した。

今後の検討課題としては、制御方策の改善に伴ってリニア直流モータ本体の特性を改善することも必要があると思われる。

学位論文審査結果の要旨

平成11年8月3日に第1回学位論文審査委員会を開催し、提出された学位論文および関係資料について検討を加え、同日午後の口頭発表後、第2回学位論文審査委員会において協議の結果、以下の通り判定した。

繊維関係技術において、多様な要求に応えるため、自由な編み物を編むことが望まれていた。その要求に近いものとして機械式カムを用いる編み機があったが、さらに柔軟性と高速性を持たせるため、コンピュータの指令に基づいて多数のリニアモータを駆動する方法が考案されていた。しかし、リニアモータの応答速度の限界があり、確実な動作と高い生産速度を達成することに問題があった。

本研究では、リニアモータの限られた大きさおよび駆動電源の制約のもとに、要求されるリニアモータの運動パターンを得るための制御方式を検討している。多くの制御方式を検討した上で、2自由度制御系を使用し、さらに学習制御を組み合わせ、かつ系に存在するむだ時間を補償する方法を提案している。

本研究の成果は、今後、リニアモータを用いた横編み機を実用化し、高機能化して行く場合に、極めて有益なものである。

以上の内容を総合して本論文は博士(工学)の学位を受けるに値するものと判定する。