

Methods for Higher Accuracy Pneumatic Servo Position Control

Shu Ning and Gary M. Bone*

McMaster Manufacturing Research Institute (MMRI)
Department of Mechanical Engineering
McMaster University
Hamilton, Ontario
Canada L8S 4L7.

*Corresponding author. E-mail: gary@mcmaster.ca

Abstract: Many researchers have investigated electro-pneumatic servo systems due to their numerous advantages: inexpensive, clean, safe and high ratio of power to weight. However, the compressibility of the working medium, air, and the inherent non-linearity of the system have made achieving accurate position control a challenging problem. In this paper methods are developed to improve the steady-state and dynamic accuracy of pneumatic servo position control. The methods include feedback and feedforward control based on a linearized plant model, and non-linear deadzone compensation. A method to automatically obtain the controller gains for near optimum performance is also presented. The developed theory is verified experimentally. To test the generality of our approach, two different cylinders, payloads from 1.2 to 11.2 kg, vertical and horizontal movements, and move sizes from 1 to 300 mm were studied. A steady-state accuracy of ± 0.01 mm and a dynamic accuracy of ± 3 mm were achieved consistently. The steady-state result is 10 times better than previously reported results for similar systems.

Résumé: De nombreux chercheurs ont étudié les systèmes servo électropneumatiques en raison de leurs avantages multiples: peu coûteux, propres, sûrs, et taux de puissance sur poids élevé. Cependant, la compressibilité du milieu de travail, l'air, et la nonlinéarité inhérente du système ont fait de l'atteinte d'une commande de position précise un problème défiant. Dans cet article, des méthodes sont développées pour améliorer les précisions à l'équilibre et dynamique de la commande servo

pneumatique de position. Les méthodes incluent la commande en boucle de retour et boucle d'avance basée sur un modèle linéarisé de l'équipement et une compensation non linéaire de la zone morte. Une méthode pour obtenir automatiquement les gains du contrôleur pour une performance proche de l'optimum est également présentée. La théorie développée est vérifiée expérimentalement. Pour tester la généralité de notre approche, deux cylindres différents, de charges utiles de 1,2 à 11,2 kg, aux mouvements verticaux et horizontaux, et d'amplitudes de mouvement de 1 à 300 mm ont été étudiés. Une précision à l'équilibre de 0,01 mm et une précision dynamique de 3 mm ont été régulièrement atteintes. Le résultat à l'équilibre est 10 fois meilleur que les résultats précédemment rapportés pour des systèmes semblables.

1. Introduction

In recent years many researchers have investigated pneumatic servo systems due to their potential as a low-cost, clean, high power-to-weight ratio actuator. The compressibility of the working medium, air, and the large static and Coulomb friction have made achieving accurate position control a challenging problem.

Various approaches including: adaptive control [7,10], fuzzy control [4,6], neural networks [3,5,8], PVA control [1] and extended PID control [2,9] have been investigated recently with varying degrees of success. (Please see [9] for a review of earlier pneumatic servo research). The best steady-state accuracy achieved in previous work is on the order of ± 0.2 mm (see [7,9] for example). This