

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Control Design of the Pneumatic Servo System Considering the Effect of Connected Pipelines
著者(和文)	LiJun
Author(English)	Jun Li
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9318号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:川嶋 健嗣,香川 利春,横田 眞一,吉田 和弘,吉岡 勇人
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9318号, Conferred date:2013/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	メカノマイクロ工学 専攻	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of (Engineering)
学籍番号： Student ID Number		指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	川嶋 健嗣 教授
学生氏名： Student's Name	Li Jun	指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)	香川 利春 教授

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「Control design of the pneumatic servo system considering the effect of connected pipelines」(空気圧配管を考慮した空気圧サーボシステムの制御系設計)と題し、全5章から構成されている。

第1章「Introduction」では、精密位置決め装置の現状について概観し、空気圧サーボシステムがコンプライアンス制御に適している、熱や磁場の発生がほとんどない等の利点から、除振台、半導体製造装置や電波暗室内のアクチュエータ等で利用されていることを述べた。ついで、空気圧アクチュエータと制御用サーボ弁をつなぐ空気圧配管の動特性が、位置決め精度低下の要因となっていることを指摘した。以上の背景を踏まえて本研究では、空気圧サーボシステムにおいて、空気圧配管長を短くできない場合においてもその悪影響を低減する方法、ならびに磁場漏れ低減や保守の観点から圧力センサをアクチュエータ部ではなく制御用サーボ弁側に配置した場合でも、同等の位置決め精度を実現する方法の提案と実証を目的とした。

第2章「Precise position control of the pneumatic servo table considering the dynamics of pipelines」では、静圧軸受を用いた精密位置決め空気圧サーボテーブルにおいて、従来3次遅れ系として制御系設計が行われていたが、サーボ弁および空気圧配管の動特性も考慮する方法を提案した。静圧軸受を用いることでシリンダ内の圧力変化が小さく線形性の高いシステムであることから、空気圧配管およびサーボ弁をそれぞれ2次遅れ系でモデル化できることを実験によって明らかにし、システム全体を合計7次遅れ系として制御系設計を行った。極配置法によって、位置、速度ならびに加速度フィードバックのゲインを選定し、位置決め精度が向上することを実験によって実証した。また、フィードフォワード補償を実施する際には、2つの極が他の極と離れていることから、5次遅れ系として扱うことが実用的であることを指摘し、2秒間で100mm移動する目標軌道に対して追従誤差 $0.3\mu\text{m}$ 以下を実現した。

第3章「Distributed model of connected pipelines」では、メタルシールを用いた一般的な空気圧シリンダを制御対象とし、空気圧シリンダと制御用サーボ弁間の空気圧配管長の影響を低減するとともに、圧力センサをサーボ弁側に配置しても、空気圧シリンダ部で圧力測定を行った場合と同等の位置決め精度を実現する方法を提案した。はじめに、空気圧配管を1軸の分布定数系としてモデル化し、配管内の圧力分布を実時間で計算して、空気圧シリンダ内の圧力を推定する方法を提案した。計算には差分法を用い、分割数は音速とサンプリング時間1msより、計算が収束する条件を満たすように選定した。種々の配管長、配管径に対して実験を行い、提案した分布定数モデルの有効性を明らかにした。次に、正弦波の目標軌道を与えた位置決め実験において、圧力センサをサーボ弁側に配置した場合には、空気圧シリンダ部に取り付けた場合と比較し、空気圧配管での遅れの影響で位置決め精度が低下することを示した。そこで、提案した分布定数モデルを位置決め制御系に導入し、圧力センサがサーボ弁側に配置された場合でも、同等の位置決め制御が実現できることを実験によって実証した。

第4章「Index to judge the necessity of the distributed pipeline model」では、第3章での実験結果を踏まえて、空気圧配管の動特性の影響を考慮する必要性の有無を判断する指標を考察した。空気圧シリンダの内径、ストローク、サーボ弁の最大開度、空気圧配管長および配管径を初期条件として、シリンダの最大移動速度から空気圧配管での圧力損失を計算し、それを本実験で用いた圧力センサの分解能で割った値を指標とすることを提案した。その値が1以下であれば、空気圧配管の影響を無視できることを、第3章の位置決め実験の結果と対比して実証した。

第5章「Conclusions and future work」では、本研究により得られた成果を総括し、今後の課題について述べた。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を2部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	メカノマイクロ工学 専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学籍番号 : Student ID Number		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	川嶋 健嗣 教授
学生氏名 : Student's Name	Li Jun	指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	香川 利春 教授

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The title of the thesis is 「Control design of the pneumatic servo system considering the effect of connected pipelines」 and organized as the following five chapters.

Chapter 1 (Introduction) introduces the background and purpose of the research. The purpose of this research is as follows: 1. Improve the position controllability of the pneumatic servo system considering the dynamics of the system elements such as pipelines and servo valves. 2. Reduce the total magnetic leak around the pneumatic actuator by releasing pressure sensors from the cylinder chamber.

Chapter 2 (Precise position control of the pneumatic servo table considering the dynamics of pipelines) proposes the integrated control method of the pneumatic servo table system with air bearing, considering the dynamics of pipelines and servo valves. With a 5th order feed forward show that the maximum trajectory error is decrease to 0.3 μ m.

Chapter 3 (Distributed model of connected pipelines) discusses the control design of a pneumatic system using long connected pipelines to release pressure sensors from cylinder chambers. The pipeline is designed as a one dimensional distributed model. Based on the estimated and measured pressure values in cylinder chambers, it is found that with this distributed model, the pressure in the cylinder chambers is estimated precisely by the measured values at the control ports of the servo valve in the real time. The experimental results demonstrate that the position accuracy is almost the same as that of using the measured pressure signals in the cylinder chambers.

Chapter 4 (Index to judge the necessity of the distributed pipeline model) proposes an index to use the distributed model of pipelines has been introduced. The index is designed from the maximum pressure loss along pipelines divided by the resolution of the pressure sensors (± 10 kPa). Based on experimental results, the index is smaller than 1.0, the influence of connected pipelines can be ignored. When this index is equal to or large than 1.0, the position results will be influenced by the connected pipelines and the distributed model of pipelines is needed.

Chapter 5 (Conclusions) summarizes the results of this study and proposes the future works of this research.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).