

博士論文審査結果の要旨

博士論文審査委員会

主 査 陳 新開

審査委員 伊藤 和寿

審査委員 川上 幸男

審査委員 サイ 貴生

審査委員 鄧 明聡

氏 名	Tran Vu Minh
論文題目	Precision Control of Piezo Electric Actuator
〔論文審査の要旨〕 本論文において、圧電アクチュエータのモデリング及びその高精度位置制御を考察した。圧電アクチュエータのモデリングについて、線形モデル及び Prandtl-Ishlinskii モデルを紹介し、擬似離散 Bouc-Wen モデルを提案した。さらに、これらのモデルの合理性を実験によって確認した。 圧電アクチュエータの高精度位置制御について、4 種類の制御法を提案した。まず、Prandtl-Ishlinskii 逆モデルに基づいた開ループフィードフォワード制御の適用を考察した。それから、Proportional-Integral (PI) 制御を用い、圧電アクチュエータの制御を行い、開ループフィードフォワード制御の応用により高精度の位置制御を実現した。それから、モデル予測制御 (MPC) 法を応用し、圧電アクチュエータの位置制御を考察した。また、パラメータが未知の場合に対応できるように、適応モデル予測制御 (AMPC) 法をも検討した。提案した MPC 及び AMPC 法は PI 制御より圧電アクチュエータの制御効果を改善した。最後に、比較的精密な擬似離散 Bouc-Wen モデルに基づき、モデル規範型適応制御則を提案し、閉ループシステムの安定性を解析した。この方法に基づいた制御は、前述の他の制御方法より圧電アクチュエータの高精度制御を実現した。 圧電アクチュエータはナノ単位の超精密位置決め機構に利用されていることがしばしば報告され、大変注目されている。しかし、その入出力関係にヒステリシス非線形特性が存在するため、その高精度制御が非常に困難であり、その応用を妨げている。本研究はこの難問を取り上げ、その解決策を考案した。本論文で得られた成果は、圧電アクチュエータの制御においてより高質な成果をもたらすことが期待でき、工学的に価値のあるものである。このことから本論文が理工学研究科の博士論文として相応しいものであると判断する。	

論 文 要 旨

2015 年 (Year) 07 月 (Month) 01 日 (Day)

※報告番号	第 号	氏 名 (Name)	Tran Vu Minh
主論文題名 (Title)			
Precision Control of Piezo Electric Actuator			
内容の要旨 (Abstract)			
<p>This dissertation is concerned with piezo electric actuators (PEA), especially modelling and displacement control of them. Piezo electric actuators have been widely used in micro and nanopositioning applications due to their fine resolution, rapid responses, and large actuating forces. Unfortunately, piezo electric actuators exhibit strong hysteresis nonlinearity that reduces the accuracy and that may lead to the instability of the whole system. The control of piezo electric actuators to overcome the hysteresis phenomenon has emerged as a hot topic in recent years.</p> <p>The main object of this thesis is the control design to overcome the hysteresis phenomenon so that the system can track the reference signal. To solve the problem, mathematical models of the hysteretic system are discussed and controllers are developed for micro-position tracking control of the PEAs. Tracking performance of compensated system is validated using experimental results.</p> <p>The hysteresis nonlinearity is described by 3 kinds of modelling methods, which are second order linear model, Prandtl-Ishlinskii (PI) hysteresis model, and pseudo discrete-time Bouc-Wen model. Accuracy of the models is shown by experiments.</p> <p>Based on these models, four model-based control methods are proposed. The feedforward compensation, which is based on identified PI model, is introduced. Because the feedforward compensation technique runs on open-loop fashion, the positioning accuracy is low. In order to improve the performance of PEA, PI control, model predictive control (MPC), and adaptive model predictive control (AMPC) are discussed. Experimental results show that PI control and MPC have better performances than feedforward compensation even though they are based on linear identified model. Lastly, a model reference adaptive control using pseudo discrete-time Bouc-Wen model is proposed. This method can guarantee the closed-loop system stability. Experimental results show the effectiveness of proposed method.</p>			