

氏名	毕淑慧
授与した学位	博士
専攻分野の名称	学術
学位授与番号	博甲第4225号
学位授与の日付	平成22年 9月30日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	Operator theory based MIMO control design for nonlinear systems with uncertainties (オペレータ理論に基づく不確かさを含む非線形システムの多入出力制御系設計)
論文審査委員	准教授 鄧明聡 教授 五福明夫 教授 渡辺桂吾 教授 見浪護

学位論文内容の要旨

This dissertation provides a unified control design scheme for operator theory based multi-input multi-output (MIMO) nonlinear plants with uncertainties and coupling effects. After a general introduction of the research background, objectives, and contributions, the other parts of this dissertation are outlined in the following.

Chapter 2 provides mathematical definitions and theoretical background for remaining the subsequent chapters, which serve a foundation for the research of this dissertation. Also, problem statement is detailed.

In Chapter 3, for demonstrating the interaction in the inputs and the outputs of MIMO system, one class of operator theory based 2-input 2-output feedback control system is described, where, the interaction can be summarized as the internal operators concerning with the effect from the input of one subsystem to another one. Also, most possible types of the internal operators in relation to the interaction are discussed. For dealing with the coupling effects, three cases are intensively considered by using robust right coprime factorization approach respectively. Correspondingly, sufficient conditions for the designed MIMO nonlinear system to be robustly bounded input bounded output (BIBO) stable are derived. Then, on the stabilizing system, the tracking filter for realizing the desired output tracking performance is designed. The proposed control scheme is also evaluated by implementing numerical simulation examples.

In Chapter 4, MIMO nonlinear plants with uncertainties and unknown coupling effects are considered, where, the considered coupling effects include the ones existed in the plants and the ones caused by controllers and plant outputs. For controlling the MIMO system, an operator theory based feedback control system is proposed, the robust BIBO stability is guaranteed by using the definition of generalized Lipschitz operator and contraction mapping theorem. And a tracking structure is proposed, which ensures that the desired output tracking performance can be realized. For demonstrating the effectiveness, an example on the temperature control of 3-input 3-output aluminum plate thermal process is given, which confirms the proposed design schemes. Also, the discussion on operator theory based well-posedness for MIMO nonlinear systems is given by using operator theory based implicit function theorem.

In Chapter 5, the proposed design schemes are summarized. It is concluded that by using the proposed design schemes, the designed MIMO nonlinear system with uncertainties and coupling effects is robustly BIBO stable and the desired output tracking performance is realized.

論文審査結果の要旨

現実のシステムの大半は、厳密にはほとんどすべてのシステムは非線形系である。現在まで、非線形システムの研究は多いことが知られている。ところが、一般的な制御方法は線形理論に基づいて、制御対象は線形系と仮定して設計される。すなわち、非線形性に対して、有効な制御方法は少ない。一方、非線形系の制御手法として、本研究で用いるオペレータ理論に基づくロバスト右既約分解表現を用いた手法は簡単である。特に、本研究で導出したリップシッツノルム理論に基づくロバスト安定のための1つの不等式条件は有用である。その設計理論は多くの1入出力システム実験例に適用され有効な成果を与えている。ただし、現代技術の複雑性の増加によって、多入出力システムは1入出力システムよりさらに多く存在している。多入出力システムには変数間のカップリングがシステムの中に存在する、これらのカップリングを考慮しなければ、システムの制御系設計は困難である。そのため、本論文ではカップリングを不確かさとして見なして制御するため、オペレータ理論に基づく不確かな非線形システムの多入出力制御系設計を新しく提案している。すなわち、オペレータに基づくロバスト既約分解によって、不確かさを含む多入出力非線形システムのロバスト安定性と出力追従問題を研究した。

まず、オペレータ理論の利用を容易にするため、カップリングの影響をリップシッツオペレータとして表現する。また、カップリングの影響を内部のオペレータとして定式化する。不確かさを含む多入出力非線形システムをロバスト制御するため、定式化したカップリングをプラントに含ませて、分解して、制御システムを与えている。また、安定化システムに対して、プラント出力の追従性能を実現するために出力追従コントローラ的设计法を提案している。さらに、提案された制御系設計方法の有効性は、数値シミュレーションの例を実行することによって、評価されている。そして、未知のカップリングに対して、不確かさを含む多入出力非線形システムのロバスト安定性を保証するための制御系設計法も与え、プラント出力の追従性能を実現するための出力追従コントローラ的设计法も提案した。最後に、提案法を3入力3出力アルミ板温度制御装置へ応用し、提案された制御系設計方法の有効性をシミュレーション及び実験により示している。

よって、本論文は、制御理論上の新たな知見を与え、さらに、実用上の有効性も示しており、学術的意義は極めて高く、本研究は博士（学術）の学位に十分値すると認められる。