

氏 名(本 籍)	CARLOS EDUARDO JERONYMO (ブラジル)
学 位 の 種 類	博 士(工学)
学 位 記 番 号	甲 第 33 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 8 年 3 月 25 日
専 攻	生産開発システム工学専攻
学 位 論 文 題 目	Unified Predictive Control of Electro-Hydraulic Servo Systems
学 位 論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 武 藤 高 義 (副査) 教 授 丸 井 悦 男 教 授 山 下 新 太 郎

論文内容の要旨

予測制御 (Predictive Control) とは、人間が日常的に行っている予見・予測に関する行動様式、つまり先を見て行動する機能を制御の分野に取り入れたものということができる。通常の各種制御法が、現在および過去の情報に基づいて制御を行うのに対して、未来情報を活用する制御法によれば、次のような特徴が新たに備わるであろう。

- (1) 先を見て動作をあらかじめ開始するので、平均的な動作によって目的を達成することができ、瞬間的なエネルギーが少なくてすむ。
- (2) 長期的な視野から現在なすべき行動を判断できることから、無駄時間やおくれの少ない制御が可能である。

このように予測制御は、未来情報に基づく行動、あるいは未来を予測しての行動、すなわち、フィードフォワード的発想の有用性を取り入れた制御法である。予測制御は、数学モデルに基づいて行われる設計法であり、設計の具体的手法により、GPC (Generalized Predictive Control), DMC (Dynamic Matrix Control) など、10 種類以上の方法が提案されている。近年、R. Soeterboek が、統合化予測制御 (Unified Predictive Control; 以下、UPC と略す) と呼ばれる方法を提案した。UPC とは、上述した各種の予測制御法を合理的に統合化した制御法ということができる。

本研究の目的は、UPC を油圧サーボ系に適用して、その有効性を実験的に検討するとともに、油圧システムの制御性能の改善に資することにある。UPC は、最近に提案された制御法であることから、現状では、その有効性に関する実験的な検討を欠いた状況にある。

一般に油圧システムは、数多くの非線形要素によって構成され、また、分布定数系の数学モデルで記述される管路要素をも内包する。さらに、システムの駆動中に、摩擦特性や油温の変化など、諸パラメータの変動を無視しがたい場合が多い。このような事情から、線形の数学モデルに基づいて行う通常の制御系設計に際して、制御系をいかにロバスト (Robust) にするかが重要な課題となっている。一方、UPC による制御系の設計法には、モデル化誤差

(実システムと数学モデルとの間の誤差)を効果的に補償する機能が備わっており、その活用によれば、ロバストな油圧サーボ系の実現が期待される。

以上のような背景下に本研究では、次のような5種類の代表的な油圧サーボ系を対象としてUPCの適用を試みている。

(1)油圧サーボ弁と油圧シリンダ(片ロッドシリンダ)を主要要素とする通常のサーボ系を対象として、サーボ弁を連続的なアナログ信号によって駆動したときの予測制御。

(2)上記のサーボ弁をON/OFF信号によって駆動したときの予測制御。

(3)上記のサーボ弁を2個の高速ON/OFF電磁弁に代え、これらをON/OFF信号によって駆動したときの予測制御。

(4)サーボ弁を比例ソレノイド弁に代え、これに非線形補償を取り入れて弁を駆動したときの予測制御。

(5)2個の高速電磁弁と油圧ロータリアクチュエータによって構成されたサーボ系を対象とし、これに適応制御を取り入れたときの予測制御。

これらの設計に際しては、例えば、制御弁に存在する強度の非線形特性を効果的に線形化する補償法、適応制御アルゴリズムの計算量を大幅に軽減しつつON/OFF制御を実現する方法などが、新たに提案されている。

上述した5種類の代表的な油圧サーボ系を対象として、ステップ入力に対する過渡応答、および軌跡制御を行ったときの応答性能を実験とシミュレーションによって詳細に検討している。それら検討結果によれば、ロバストかつ良好な制御性能を有する油圧制御系の実現が検証されている。

論文審査の結果の要旨

予測制御(Predictive Control)とは、人間が日常的に行っている予見・予測に関する行動様式、つまり先を見て行動する機能を制御の分野に取り入れたものということができる。通常の各種制御法が、現在および過去の情報に基づいて制御を行うのに対して、未来情報を活用する制御法によれば、次のような特徴が新たに備わるであろう。

(1)先を見て動作をあらかじめ開始するので、平均的な動作によって目的を達成することができ、瞬間的なエネルギーが少なくすむ。

(2)長期的な視野から現在なすべき行動を判断できることから、無駄時間やおくれの少ない制御が可能である。

このように予測制御は、未来情報に基づく行動、あるいは未来を予測しての行動、すなわち、フィードフォワード的発想の有用性を取り入れた制御法である。予測制御は、数学モデルに基づいて行われる設計法であり、設計の具体的手法により、GPC(Generalized Predictive Control)、DMC(Dynamic Matrix Control)など、10種類以上の方法が提案されている。

近年、R. Soeterboekが、統合化予測制御(Unified Predictive Control;以下、UPCと略す)と呼ばれる方法を提案した。UPCとは、上述した各種の予測制御法を合理的に統合化した制御法といえることができる。

本研究の目的は、UPCを油圧サーボ系に適用して、その有効性を実験的に検討するとともに、油圧システムの制御性能の改善に資することにある。UPCは、最近に提案された制御法であることから、現状では、その有効性に関する実験的な検討を欠いた状況にある。

一般に油圧システムは、数多くの非線形要素によって構成され、また、分布定数系の数学モデルで記述される管路要素をも内包する。さらに、システムの駆動中に、摩擦特性や油温の変化など、諸パラメータの変動を無視しがたい場合が多い。このような事情から、線形の数学モデルに基づいて行う通常の制御系設計に際して、制御系をいかにロバスト(Robust)にするかが重要な課題となっている。一方、UPCによる制御系の設計法には、モデル化誤差(実システムと数学モデルとの間の誤差)を効果的に補償する機能が備わっており、その活用によれば、ロバストな油圧サーボ系の実現が期待される。

以上のような背景下に本研究では、次のような5種類の代表的な油圧サーボ系を対象としてUPCの適用を試みている。

- (1)油圧サーボ弁と油圧シリンダ(片ロッドシリンダ)を主要要素とする通常のサーボ系を対象として、サーボ弁を連続的なアナログ信号によって駆動したときの予測制御。
- (2)上記のサーボ弁をON/OFF信号によって駆動したときの予測制御。
- (3)上記のサーボ弁を2個の高速ON/OFF電磁弁に代え、これらをON/OFF信号によって駆動したときの予測制御。
- (4)サーボ弁を比例ソレノイド弁に代え、これに非線形補償を取り入れて弁を駆動したときの予測制御。
- (5)2個の高速電磁弁と油圧ロータリアクチュエータによって構成されたサーボ系を対象とし、これに適応制御を取り入れたときの予測制御。

これらの設計に際しては、例えば、制御弁に存在する強度の非線形特性を効果的に線形化する補償法、適応制御アルゴリズムの計算量を大幅に軽減しつつON/OFF制御を実現する方法などが、新たに提案されている。

上述した5種類の代表的な油圧サーボ系を対象として、ステップ入力に対する過渡応答、および軌跡制御を行ったときの応答性能を実験とシミュレーションによって詳細に検討している。それら検討結果によれば、ロバストかつ良好な制御性能を有する油圧制御系の実現が検証されている。

本論文によって得られた知見と成果は、工学上および工業上、重要な貢献をなすものであると判定される。