

氏 名	いとうとしあき 伊藤利昭
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3233 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	化学プロセスにおける制御系の設計に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 片 山 徹	教 授 橋 本 伊 織	教 授 井 上 絃 一
--------	--------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

プロセス工業における制御技術は、単一入出力系に対して安定な定値制御系を実現する PID 制御によりプラントの大型化と自動運転を可能とし、大量生産を前提としたプロセス工業の発展に大きな役割を果たしてきた。しかし、近年、市場におけるニーズの多様化や需給状況の変動に対応するため、フレキシブルな生産を実現することが重要となり、多品種少量生産に適したバッチプロセスや変種変量生産が可能な連続プロセスの実現が重要な課題となってきた。このことは、制御系設計の立場からみると、定常状態のみならず過渡状態においても良好な性能を有するプロセス制御系の設計法を確立しなければならないことを意味している。また、現状のプロセス制御系は、理論に基づいて体系的に設計されるよりむしろ経験に基づいて設計されることが多いが、これは、現実の制御系設計において制御理論が充分活用されていないか、あるいは、制御理論が現実の制御系設計にあまり役立っていないと考えられ、いまだに制御理論と制御技術にギャップがあることを意味している。

本論文は、このような観点に立って化学プロセスにおける制御系の設計に関する現状の課題を明確にし、現状の制御系の手動操作の半数近くを占めている生産量の変更、スタート・ストップ、バッチ運転、生産品目の変更のような過渡状態の運転を自動化するための制御系設計法を具体的な事例に基づいて提案している。

第 1 章では、制御系を設計する際に必要な対象プロセスの理解とプロセスを取り巻く環境認識の意義と課題を述べている。

第 2 章では、現実の制御系の設計で行われている経験による各種の工夫を述べ、制御系の設計を理論に基づいて体系的に行うための課題を詳しく説明している。

第 3 章では、バッチプロセスや連続プロセスにおける生産品目の変更、スタートストップのように、制御系の目標値の時間的な変化やシーケンス的に行われる各種の操作が予め与えられている場合に、目標値の時間的な変化を目標値生成系、シーケンス的に行われる各種の操作を外乱生成系として状態方程式に組み込んで最適サーボ系を設計する方法を提案している。そして、制御系が制御偏差の積分フィードバック、

状態フィードバック、フィードフォワード、予見の制御ループから構成できることを示している。また、石炭乾留過程におけるコークス炉温制御シミュレーションを通じて、制御系の設計パラメータを調整するための指針を得、フィードフォワードと予見制御ループの導入により、制御性能が大幅に向上することを検証している。

第4章では、スタートアップ・シャットダウン、生産量の変更、生産品目の変更の際に必要な負荷変更操作に対して、状態変数以外に、負荷を代表する操作変数に目標値をもつ、すなわち出力方程式に直達項をもつ最適サーボ系を設計する方法を提案し、第3章で得られた制御系に、負荷偏差の積分フィードバックを付加した構造となることを示している。また、化学プロセスに特有のむだ時間に対して、むだ時間生成系を状態方程式に組み込んで最適サーボ系を設計することにより、単一入出力系におけるスミスのむだ時間補償法と類似の構造を有する補償要素を付加した制御系が得られることを示している。そして、蒸気との熱交換による温水製造プロセスについてシミュレーションと実プロセスにおいて負荷変更が自動的に短時間でできることを実証している。

第5章では、第3章・第4章の結果を非線形性が強く現われる連続重合プロセスの生産量制御と品質制御に適用している。厳密な線形化法によりプロセスの状態方程式を線形化して新しい状態変数と操作変数を導入し、第3章・第4章で得られた線形制御系に、オブザーバ、非線形入力変換、非線形出力変換を付加した制御系の有効性をシミュレーションにより明らかにしている。

第6章で、本研究の成果を要約している。また、化学プロセスにおける制御系の設計に関する今後の課題として、プロセス変数の分類に関する理論の構築、制御系とプロセスや制御機器の同時設計、経験的に使われている多様な制御系と制御アルゴリズムの理論的体系化と多変数系への拡張、モデルをベースとしたプロセス設計・運転技術との統合によるコンカレントエンジニアリングの実現、より広範囲のオートメーションを実現するための信頼性やモニタリング機能を配慮した大規模システムの最適化と制御系設計技術などの必要性を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、化学プロセスにおいて、定常状態のみならず過渡状態においても良好な制御性能を有する制御系の設計法を確立することを目標にして、具体的な事例に基づいて研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

- (1) 目標値の時間的な変化を目標値生成系、シーケンス的に行われる各種の操作を外乱生成系として状態方程式に組み込んで最適サーボ系を設計する方法を提案し、コークス炉温度制御に応用した。
- (2) スタートストップ、生産量の変更、生産品目の変更の際に必要な負荷変更操作に対して、状態変数以外に、負荷を代表する操作変数に目標値をもつ場合の最適サーボ系を設計する方法を提案した。
- (3) むだ時間生成系を状態方程式に組み込んで最適サーボ系を設計することにより、古典的なスミスのむだ時間補償法によるものと類似の構造を有する制御系が得られることを示した。また熱交換器の制御に適用し、シミュレーションおよび実験によりその有効性を確認した。
- (4) 厳密な状態空間線形化法とオブザーバ、非線形入出力変換に基づいて、非線形性プロセスに対する

制御系の設計法を提案し、連続重合プロセスの生産量制御と品質制御に適用して、シミュレーションによりその効果を確認している。

以上要するに、本論文は手動操作の半数近くを占めている生産量の変更、スタート・ストップ、バッチ運転、生産品目の変更のような過渡状態の運転を自動化するための制御系の設計法を提案し、その有用性を具体的な事例について検証したものであり、得られた成果は学術上、實際上寄与するところが少ない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成9年1月31日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。