

論文内容の要旨

博士論文題目 気相重合反応器の銘柄変更制御に関する研究

氏名 佐藤千恵

(論文内容の要旨)

重合反応プロセスは、本来、変数間に密接な相互関係を持つ多入力多出力(MIMO)のシステムであり、各出力(制御量)は複数の入力(操作量)の影響を受ける。このため1入力1出力系のためのPIDコントローラを複数つけ加えた多重ループ制御方式では制御性に限界がある。また、製品の銘柄変更を行う重合プロセスにおいては、プロセスのダイナミクスが大きく変化する場合があり、この情報を制御系設計に有効に利用する必要がある。一つのプラントで生産する銘柄が増え、製品の品質に対する要求がますます厳しくなっている現状では、銘柄変更に伴うオフスペック品を最小にして迅速に銘柄変更を行うことが重要な課題になっている。本論文では、この課題を解決するため、ポリマーの性状変化を直接表現する物理モデルを構築し、これをもとに銘柄変更を有利に行う制御系を設計する方法を提案し、その有効性を確かめた。

まず、ポリエチレン気相重合プロセスについて、銘柄変更に伴う広い範囲の運転条件において、ポリマー性状の時間変化を表すことができる物理モデルを開発した。その際、モデル中のパラメータ値は実プラントの挙動に合うように調整した。この物理モデルの数学的な構造やプロセスダイナミクスの変化の特徴について考察したあと、提案する制御系の応答特性を調べるためプロセスシミュレータを開発した。銘柄変更のための制御系としては、ダイナミクスの変化および目標値への追従性を考慮して、積分型最適サーボ系のゲインスケジューリング方式と2自由度積分型最適サーボ系を提案した。また比較対象としてPIDコントローラを組み合わせた多重ループ制御系を設計した。制御系設計では、まずポリマー性状だけを制御量とする設計を行ったあと、全制御量を対象にした多変数制御系の設計を行った。実プラントの挙動を反映した物理モデルを基にこれらの各制御系を実際に設計して、問題の発生が予想される銘柄変更に対するシミュレーションを行い、制御性を評価するとともに制御系の優劣の比較を行った。この結果、物理モデルをもとにした多変数制御系の設計が有効であることが確認できた。最後に、銘柄変更のための制御系設計の進め方と制御系の選び方について知見をまとめた。

氏名	佐藤千恵
----	------

(論文審査結果の要旨)

銘柄変更を伴う重合プロセスにおいては、プロセスのダイナミクスが大きく変化する場合があり、一つの線形モデルを基にした制御系設計には限界がある。本論文は、オフスペック品を最小にしてすばやく銘柄変更を行うための制御系の設計方法について考察したものである。

まず、ポリエチレン気相重合プロセスについて、銘柄変更に伴う広い範囲の運転条件で用いることのできる物理モデルを構築し、これをもとに数学的な構造やプロセスダイナミクスの変化の特徴について考察しているが、これらの知見は制御系設計に重要な情報である。また、提案する各種制御系の制御特性を調べるため、汎用性のあるプロセスシミュレータを開発したが、これも種々の条件下で各種制御系の優劣を比較するために不可欠のツールである。

次に、銘柄変更を考慮した制御系として、もっとも重要なポリマー性状の制御のみに注目した場合について考察している。このため、物理モデルを各銘柄の操作条件のまわりで線形化したモデルを求め、各銘柄に対する積分型最適サーボ系を設計した。銘柄変更に対しては、変更前の銘柄に対するコントローラゲインから変更後の銘柄に対するコントローラゲインにゆるやかに変化させるゲインスケジューリングを提案し、その性能をシミュレーションで調べ、よい制御特性が得られることを示した。これとは別に、銘柄変更に対するプロセスダイナミクスの変動をあらかじめ考慮して 2 自由度積分型最適サーボ系を設計するロバストな制御系設計法を提案し、調整パラメータの効果について考察したあと、銘柄変更のシミュレーションを行い、よい制御特性が得られることを示した。これらの多変数制御系と従来方式の制御系、すなわち PID コントローラを複数用いる多重ループ制御との性能比較を行い、多変数制御の有効性を確認した。さらに、ポリマー性状のみでなく装置環境である反応器の圧力や温度を含む全出力について多変数制御を行う場合について、2 自由度積分型最適サーボ系の設計を行い、銘柄変更のシミュレーションを行って、よい制御特性が得られることを確認した。最後に、プロセスシミュレータを用いて行った各種制御系の性能比較の結果を考察して、銘柄変更に対する制御系設計の進め方と制御系の選び方について知見をまとめている。

以上のように、本論文は、運転条件の変更に伴うダイナミクスの変化が大きく、しかも目標値追従性が重視されるプロセスの制御系設計に対して、物理モデルを使った考察の必要性和有効性を示したものとして、システム制御の分野において、学術上、実用上寄与するところが少なくない。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。