

氏 名	し 清 水 佳 子
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3594 号
学位授与の日付	平 成 13 年 5 月 23 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	モデル予測制御の発電プラント脱硝制御システムへの応用研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 橋 本 伊 織 教 授 荒 木 光 彦 教 授 三 浦 孝 一

論 文 内 容 の 要 旨

火力発電プラントの排煙脱硝プロセスでは、排煙中にアンモニアを注入し触媒上で反応させて窒素酸化物(NO_x)を分解する。アンモニアの注入量を増加すると NO_x 排出量は減少するが、過剰なアンモニアは大気中へ放出される。経済性と環境適合性から、アンモニアの過剰使用は好ましくない。一方、火力発電プラントでは、電力需要に見合った量だけ燃料を増減するので燃焼状態が変化し、 NO_x 発生量が常に変動する。 NO_x 排出量を一定に保つためにアンモニア注入量を調整する NO_x 制御が行われており、良い制御性能が求められている。脱硝プロセスは、観測によるむだ時間がある系に対して外乱が加わるという本質的に制御が難しい特性を持つ。

従来、脱硝プロセスに対しては、経験によるフィードフォワード制御と積分器補償によるフィードバック制御が行われていた。しかし、フィードフォワード制御でプラントの全ての特性をモデル化することは困難であり、またパラメータ調整に時間が掛かる。またプラント特性が変化したり未知外乱が加わる場合にはフィードバック制御による補正が必要であるが、積分器のみでは効果的な補償を行うことができず、制御性の改善が大きな課題になっていた。

火力発電の主流になりつつあるコンバインドサイクル発電では、複数の発電機を 1 グループとして扱う運転が行われており、 NO_x 排出量の管理もグループごとに行われている。このグループを系列と呼び、系列全体の NO_x を管理する制御を系列脱硝制御と呼ぶ。実際のアンモニア注入制御は、運転を行う最小単位ごとに行われており、系列脱硝制御と区別するために NO_x 制御と呼ぶ。

本研究は、このような脱硝プロセスと系列脱硝制御および NO_x 制御について、プロセス特性と要求される制御課題の解決に適していると考えられるモデル予測制御を拡張して適用し、その有効性を確認した結果をまとめたものである。

本論文は、以下の 7 章から構成されている。

第 1 章では、研究の位置づけと論文の全体構成について述べている。

第 2 章では、検討対象である火力発電プラントの排煙脱硝プロセスについて、構成機器や特徴を述べている。また、研究で取り組む脱硝制御について、制御目的や従来の研究について述べている。

第 3 章では、適用技術であるモデル予測制御について、従来の研究や特徴を明らかにし、モデル予測制御の一手法である一般化予測制御 (GPC) により脱硝制御改善の可能性があることを示している。また、モデル予測制御を発電プラントへ使用した例が無かったため事前検討を行い、発電プラント制御装置での実用化が可能であるとの見通しも得ている。

第 4 章では、 NO_x 制御について、基本的な制御構成の検討を行い、効果を実機試験で確認した結果について述べている。むだ時間に対しては、外乱からのフィードフォワード制御と一般化予測制御を組み合わせることによって対処している。また実制御装置に組み込む形の演算として多周期型に構成して使用した。これにより、従来制御では改善できなかった脱硝制御の設定値への収束性を大幅に改善できることを示した。

第 5 章では、4 章の基本構成に基づき、外乱モデルまで含んだ形に一般化予測制御の設計方法を拡張することにより、 NO_x 制御の設定値への収束性を更に改善したことを述べている。第 4 章の制御により、外乱から被制御量までの時間応答

は不完全微分的になり定常ゲインはゼロとなる。これに対して通常の設計手法による一般化予測制御は、定常外乱に対するオフセットをゼロとする設計になっているため、そのまま使用すると一部好ましくない応答を示す。そこで、一般化予測制御の設計アルゴリズムの拡張を行い、外乱変動時と設定値変更時の両方において収束性を更に改善した。検討結果は実機試験により、有効性を確認した。

第6章では、系列脱硝制御で要求される多目的制御を、一般化予測制御をオーバーライド型に組み合わせることにより達成したことを述べている。系列脱硝制御では、NO_x 排出量の瞬時値および移動時間平均値を、それぞれ要求される値以下とする多目的制御が要求される。オーバーライド型 GPC により、取り扱いやすい多目的コントローラが得られることを示し、設計したコントローラの安定性評価方法も示した。従来こうした多目的制御に用いられている制約条件付き一般化予測制御との比較を行い、演算量が少なく実装が容易であること、制御対象のパラメータ変動時にも安定性が損なわれないなどの優位性を示している。

第7章では、本論文で得られた結果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、火力発電プラントの排煙脱硝プロセス制御において、新しいアルゴリズムを提案し、実際のプラントにおける有効性を確認したものであり、得られた主な成果は以下の通りである。

1. むだ時間系に外乱が加わるという本質的に制御が難しい特性を持つ NO_x 制御に対して、制御性能の改善を行った。むだ時間に対しては、外乱からのフィードフォワード制御とモデル予測制御の一手法である一般化予測制御を組み合わせ、実制御装置に組み込む形の演算として多周期型に構成して使用した。これにより、従来制御では改善できなかった脱硝制御の設定値への収束性を大幅に改善できることを示した。
2. フィードフォワード制御により外乱である NO_x 発生量変動から制御量である NO_x 排出量までの時間応答は不完全微分的になり、定常ゲインはゼロとなる。これに対して通常の設計手法による一般化予測制御は、定常外乱に対するオフセットをゼロとする設計になっているため、そのまま使用すると一部好ましくない応答を示す。そこで、外乱モデルまで含んだ形に一般化予測制御の設計方法を拡張して用いた。これにより、NO_x 排出量の設定値への収束性を、外乱変動時と設定値変更時の両方において、更に改善できることを示した。
3. 系列脱硝制御では、NO_x 排出量の瞬時値および移動時間平均値を、それぞれ要求される値以下とする、多目的制御が要求される。一般化予測制御をオーバーライド型に組み合わせることにより、取り扱いやすい多目的コントローラが得られることを示した。また、設計したコントローラの安定性評価方法も示した。また、従来こうした多目的制御に用いられている制約条件付き一般化予測制御との比較を行い、演算量が少なく実装が容易であること、制御対象のパラメータ変動時にも安定性が損なわれないなどの優位性を示した。

以上、本論文は、火力発電プラントにおいて、経済性と環境適合性の両面で重要な排煙脱硝プロセスの制御において、モデル予測制御を拡張して適用する制御アルゴリズムを提案し、商用運転中の実プラントでその有効性を確認したものであり、その成果は学術上および實際上、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。また、平成13年4月11日、論文内容とそれに関する試問を行った結果、合格と認めた。