

氏名	安田昌司
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第2946号
学位授与の日付	平成7年1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	空調システムの知的制御に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 片井 修 教授 松久 寛 教授 井上 紘一

論文内容の要旨

本論文は、空調システムにおける基本的かつ最終的な目標である「省エネルギー性」と「快適性」の達成に向けて、監視制御を含めた知的な制御システムのための新たな方法に関して考察されている。空調システムは、その非線形特性ゆえに物理的、数理的考察に基づく厳密な動特性を表現する熱力学的モデル化手法が確立されていないことをふまえて、包括的に知的制御システムを構築する方法が提案され、実証的に研究した結果をまとめたもので、6章より構成される。

第1章では、空調システムの制御に関する最近までの研究成果の概要を述べている。

第2章では、対象の空調機器が設置状態を正常に維持していることを前提として、従来の定常運転における性能評価にとどまらず、センサから得られたデータ(情報)をフィードバック制御で自動的に処理して制御系のなすべき行為を決めるデータ駆動型の単一機能階層の制御系に関して、動的な最適化の観点からファジィ推論を適用した非線形制御系が提案されている。吸収式冷温水機は、従来、定常運転におけるCOP(成績係数)により性能評価が行われてきたが、過渡応答における省エネルギー性や快適性(負荷変動に対する収束性)についても評価したところ、提案の制御系は、特に大きな負荷変動や起動特性において従来のPID制御系よりもエネルギー消費や目標温度への収束性において優れた結果を示すことが実証されている。

第3章では、設置状況やユーザーニーズへの適応のため、環境からの情報をあらかじめ設定されたルールと照合したうえで制御系のパラメータを決めるスーパーバイザ機能階層を前段に設け、後段の実行機能階層との二階層構造化によるルール駆動型制御系が提案されている。まず、特性が設置環境に依存するパッケージエアコンの動作を安定に保つよう、適応的に動作する柔軟な制御系が提案され、その有効性が実証されている。つぎに吸収冷凍機について、前段でユーザーニーズにより省エネルギー性、快適性(負荷変動への追従性)のいずれを重視するかを容易に変更できるような二階層構造制御系が提案されている。提案の制御系の後段部は主として工場出荷時の調整、前段部は、ユーザ設置時の調整を担当する機能を果た

すことが示されている。

第4章では、空調機器が部分的な劣化を起こしている異常な運転状態に対する監視制御システムについて、定性的知識に基づいて構築した静的モデルとの照合を経て異常診断を行う機能階層を内包する静的モデル(知識)駆動型の診断方法が提案され、部分負荷運転などの未経験な状況への対処が可能となることが実証されている。また、提案の静的モデルは、異常診断にとって必要十分な精度であることを実証されている。未経験な状況への対応能力があるという意味でルールやデータで駆動される機能階層よりも抽象度の高い機能階層となっている。

第5章では、動特性を含めた異常診断および停止回避制御の将来的方法に関する基礎検討が行われている。熱力学的考察による厳密な動的モデルを得る方法は、いまだ確立されていないことをふまえて、現象論的にビヘービアベースでのシステムのモデル化が試みられている。まず、一般に一次元の時系列信号として得られる観測量からターケンスの埋め込み定理によって再構成されるアトラクタを動的モデルとして抽出する方法が示されている。つぎに、システムの振る舞いが予測不可能なカオス状態から所望の周期運動へと制御される方法について検討されている。なるべく出力を低下させずに停止回避制御を行うために、従来制御に見られる安定点への収束より、発散しないレベルで周期運動に拘束する本制御の有効性が示されている。本手法は、まだ、空調機器に適用できる段階にはないが、非線形性を示す基本的プラントの一つである強制振動系を対象として、本手法の実用性が検討されている。

第6章は以上の結果を総括し、今後の課題や展望について考察されている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、監視制御も含めた空調システムにおける知的制御システムの構築法を機能の階層化という視点から提案、実証したもので、主な成果は以下の通りである。

1. 正常運転下での空調機器の動的最適化のため、ファジィ推論を導入した非線形制御系の機能階層が提案され、吸収式冷温水機に適用し、従来のPID制御系と実験的に比較し、その有効性が確認されている。とくに大きな負荷変動や起動時の過渡特性において、優位性が実証されている。
2. 設置状況やユーザーニーズへの適応のため、環境からの情報とあらかじめ設定されたルール群との照合結果に基づいて制御系のパラメータを決めるスーパーバイザ機能階層を前段に導入し、後段の制御操作実行機能階層との二階層構造化によるルール駆動型制御系が提案され、設置環境に依存する特性を有するパッケージエアコンやユーザーニーズに依存した調整が要求される吸収式冷温水機について有効性が示されている。
3. 装置の部分的劣化に起因する異常運転状態における監視制御に対して、主構成要素の熱交換器群に関する静的モデルを用いて異常診断を行う機能階層を内包した知識駆動型の診断方法が提案され、部分負荷運転など定格以外の運転状況下でも異常診断の可能であることが吸収式冷温水機により実証されている。
4. 動特性を含めた異常診断および停止回避制御に関する基礎検討が行われている。まず、現象論的にビヘービアベースでのシステムモデル化に向けて、一次元の時系列信号である観測量からターケンス

の埋め込み定理によって再構成されるアトラクタを動的モデルとして抽出する方法が示されている。つぎに、システムの振る舞いが予測不可能なカオス状態から所望の周期運動へと制御する方法が検討され、なるべく出力を低下させずに停止回避制御を行うために、従来制御に見られるような安定点への収束よりも、発散しないレベルで周期運動に拘束する本制御法の有効性が示されている。

以上、本論文は空調システムの知的制御のための新たな方法を提案、実証したものであり、その成果は学術上、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。

また平成6年11月15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。