

氏 名	た ぐち ひで ふみ 田 口 秀 文
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2386 号
学 位 授 与 の 日 付	平 成 16 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 電 気 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	2 自 由 度 PID 制 御 系 の 調 整 法 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主 査) 教 授 荒 木 光 彦 教 授 萩 原 朋 道 教 授 大 嶋 正 裕

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、2自由度PID制御系の最適調整法についての研究をまとめたもので、8章からなる。

第1章は序論であり、2自由度PID制御系の位置づけおよび本論文の構成を述べている。

第2章は、PID制御系について、本論文の出発点となる知見をまとめたものである。まず、古くから使われてきた従来型のPID制御系の構造を説明し、その問題点を指摘している。つづいて、制御装置の部分を2自由度化した、2自由度PID制御系を導入し、5通りの等価系を示している。最後に、従来型のPID制御系が持っていた問題点が制御装置の部分の構造に由来すること、さらに2自由度構造の導入によってそれが解決できることを明らかにしている。

第3章では、2自由度PID制御系の最適調整法について、2段階調整という考え方を提案し、さらにその中で用いるべき適切な評価関数を求めている。評価関数としては、従来からよく用いられてきた時間重み付き2乗積分評価に、さらに周波数重みを導入した一般的な形式を考えている。この一般形における時間重み指数および周波数重み関数を変化させて、総合的に最も良好なステップ応答を与える評価関数を導き出している。

第4章では、前章で提案した方法と評価関数とを用いて、7通りのバッチモデルに対して、P-I-D動作、およびP-I動作のそれぞれの場合について最適パラメータ値を求めている。さらに、得られた最適パラメータ値をバッチモデルのパラメータの関数として与える公式を導き、また最適パラメータを使った制御系のロバスト性についても検討している。

第5章では、近似微分が最適パラメータにどのような影響を与えるかを検討し、バッチモデルからむだ時間を除いた部分の相対次数が1の場合には近似微分の影響が極微小であるためそれを無視してもよいが、相対次数が2以上の場合には近似微分を考慮した最適化を行う必要があることを明らかにしている。

第6章では、P-Dの2項動作をさせた場合の最適調整法について述べている。P-D動作の場合には、ステップ状外乱に対して定常偏差が生じるため、第3章で提案した最適調整法をそのまま使うことが出来ない。そこで、ステップ応答の定常成分と過渡成分を分離し、それぞれの評価値の重み付き和を最小にするという形の最適調整法を考案している。さらに、その手法によって、4通りの積分性バッチモデルに対する最適パラメータ値を求め、その結果を公式化するとともにその有効性を確認している。

第7章では、外乱入力点が多様である場合について考察している。まず、外乱入力点の多様性を、外乱から制御量への伝達関数の時定数の変化として定式化している。時間領域における数値計算および周波数領域における等価外乱フィルターという考え方に基づいて、上記の時定数が操作量から制御量への伝達関数の時定数より長い場合と短い場合についての最適調整について検討している。その結果、①外乱からの時定数が操作量からの時定数より短い場合には、その時定数を考慮した最適調整を行うことが望ましいこと、しかし②長い場合には、操作量に加わる形で外乱が入力されると考えたときの最適パラメータ値を用いることが望ましいことを明らかにしている。さらに、この検討結果に基づいて③複数の外乱が多様な時定数をもって入力してくる場合には、最も小さい時定数に対して最適調整することが望ましい、というガイドラインを示して

いる。

第8章は結論であり、本論文で得られた成果をまとめるとともに、残された課題について論じている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、2自由度PID制御系の最適調整法について研究したものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 2自由度PID制御系の最適調整法について、2段階調整という考え方を提案した。さらに、その中で用いる評価関数として、従来からよく用いられてきた時間重み付き2乗積分評価に周波数重みを導入した新しいタイプの汎関数を考案し、系統的なシミュレーションによって良好な結果を与える時間重み指数および周波数重み関数を見出した。この手法を7通りのバッチモデルに適用し、P-I-D動作、およびP-I動作のそれぞれの場合について最適パラメータ値を求めるとともに、その結果を公式化した。またその結果が十分なロバスト性を持つことを数値的に確認した。
2. 前項の手法を、ステップ外乱に対して定常偏差が生じるP-D動作の場合にも適用できるよう一般化した。さらに一般化された手法を、4通りの積分性バッチモデルに適用して、最適パラメータを求めるとともに、その結果を公式化した。
3. PID制御系を実際に利用する場合に重要となる、近似微分の使用および外乱入力点の多様性の影響について検討し、最適調整問題についてガイドラインを与えた。近似微分の使用についてはバッチモデルからむだ時間を除いた部分の相対次数が1の場合には近似微分の影響を無視してもよいが、相対次数が2以上の場合には近似微分を考慮した最適調整を行う必要があることを明らかにした。外乱入力点の多様性については、①外乱から制御量への伝達関数の時定数が操作量から制御量への伝達関数の時定数より短い場合には、その時定数を考慮した最適調整を行うことが望ましいこと、②逆に長い場合には、操作量に加わる形で外乱が入力されるときに最適パラメータ値を用いることが望ましいこと、③複数の外乱が多様な時定数をもって入力してくる場合には、最も小さい時定数に対して最適調整することが望ましいことを明らかにした。

以上要するに、本論文は2自由度PID制御系の最適調整法について基本的な手法および具体的な最適パラメータ値を導出し、さらに実用上重要となる2つの問題についても有益なガイドラインを与えたもので、学術上、実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16年2月23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。