

氏 名	矢木 啓介
学 位 の 種 類	博 士 ( 工 学 )
学 位 記 番 号	博 甲 第 7715 号
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科
学位論文題目	可変型規範入力ゲインによるステッピングモータの デジタル定電流制御法の提案
主 査	筑波大学 教授 Ph. D. (工学) 堀 憲之
副 査	筑波大学 教授 博士 (工学) 磯部 大吾郎
副 査	筑波大学 教授 工学博士 坪内 孝司
副 査	筑波大学 准教授 博士 (情報科学) 望山 洋
副 査	筑波大学 准教授 博士 (工学) 川村 洋平

## 論 文 の 要 旨

本論文では次に挙げる新しい結果を含む研究内容が発表されている。

1. 5相ハイブリッド・ステッピングモータの回転動作が、ロータ停止位置に関する平衡点という観点から解析されている。これに基づくモデルは本論文で提案されるデジタルドライバの設計に重要となる。
2. 制御系設計用プラントモデルを用いたプラント入力マッピング・デジタル再設計法で設計したデジタル定電流制御系に、可変フィード・フォワード・ゲインを加えた構造の制御系が提案された。これにより積分器を含めることなく、回転速度に影響を受ける逆起電力の発生に伴った制御偏差を除去できることが示された。
3. 特定のフィードバック制御系に対して成功した上記手法が一般化され、内部モデル原理を満たさないフィードバック系であっても、フィード・フォワード・ゲインのオンライン調整により制御偏差の除去が可能であることがシミュレーションにより示された。
4. 上記手法をステッピングモータのデジタル定電流制御へ適用し、低サンプル周波数を用いた実機実験により、提案手法の有効性が実証された。
5. 1. の結果に基づいた脱調の新しい定義が付録において提案された。正定関数を利用してすべての条件を検討することにより、定常状態まで待たねば適用出来なかった従来の定義に代わり、過渡応答中においても脱調判定が可能となった。

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

本稿で提案されたデジタル定電流制御法は安定化フィードバック制御器にフィードフォワード適応ゲインを配置した構成により、逆起電力や負荷外乱などによる定常偏差を除去する手法である。ステッピングモータドライバに適用し、実機実験により有効性を示した。特に大きな貢献点として以下が挙げられる。

- 詳細な動作解析により、逆起電力の影響を含むシミュレーションモデルの構築や、脱調現象の明確な定義（付録にある内容）を行った。過渡状態においても脱調判定を可能にした点は革新的と考えられる。
- 提案された可変型規範入力ゲインによる定常偏差除去法は、従来の単純適応制御システムと同じくフィードバック・ループの前にフィードフォワードブロックを接続する構造であるが、可変システムを定常偏差の除去という一点に絞ることにより、制約の強いプラント ASPR 性が不要となり、実システムへの導入が容易となった。
- 従来の定電流制御法では積分器を含めて安定な閉ループ系に設計する必要があったが、提案手法では積分器の有無に関わらず、安定であればよく、設計が容易である。内部モデル原理を満たさないフィードバック制御系でも定常偏差除去が可能となり、他の実システムへの適用が期待される。
- デジタル制御のポテンシャルはドライバ分野でも理解されていたが、演算速度や価格の制約などから今だ十分に実用化されていない。本研究により、ドライバ内の信号のみを用いて、各相独立あるいは協調した電流制御など、従来不可能であった細かい仕様を満たす基準電流生成など、革新的機能を実現できる可能性が非常に高まった。

### 【最終試験の結果】

平成28年2月3日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。