

サーボモータ制御に関する研究

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 横手, 裕治 メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/10297/1745 |

| | |
|---------------|------------------|
| 氏名・(本籍) | 横 手 裕 治 (和歌山県) |
| 学位の種類 | 工 学 博 士 |
| 学位記番号 | 工博甲第 63 号 |
| 学位授与の日付 | 平成 3 年 3 月 23 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 5 条第 1 項該当 |
| 研究科・ 専攻の名称 | 電子科学研究科 電子応用工学専攻 |
| 学位論文題目 | サーボモータ制御に関する研究 |

| | | | |
|--------|------------|------------|--|
| 論文審査委員 | (委員長) | | |
| | 教授 池 田 弘 明 | | |
| | 教授 市 川 朗 | 教授 深 尾 正 之 | |
| | 教授 野 飼 享 | 教授 渡 辺 健 蔵 | |

論 文 内 容 の 要 旨

位置決め制御技術はメカトロニクスの中核技術の一つであり、工場の自動化を始めさまざまな分野の省力化に寄与している。本研究は直流サーボモータ及び直流ブラシレスモータを用いた精密位置決め制御システムを回路技術の側面から高性能化することを目的としている。

本論文は全 5 章より構成されている。第 1 章は序論であり、本研究の背景と目的を述べている。

第 2 章では新しいパルス幅変調 (PWM) 方式による直流サーボモータの高効率双方向駆動回路について述べている。従来の PWM 方式駆動回路は三角波またはのこぎり波と制御入力と比較してモータを時計方向に回転させる PWM 信号と反時計方向に回転させる PWM 信号を発生し、両者のパルス幅の差によってモータを駆動する。従って、モータが静止している時にもモータには互いに逆向きの電流が交互に流れ、大きな電力が消費される。本 PWM 方式駆動回路は正極性と負極性ののこぎり波と制御入力と比較してモータを時計方向に回転させる PWM 信号と反時計方向に回転させる PWM 信号のどちらか片方のみを発生することによってブリッジ回路を B 級プッシュプル電力増幅器のように動作させてモータを駆動する。従って、モータ静止時にほとんど電力を消費しない。また、ブリッジ回路を構成するトランジスタのスイッチングの回数は従来の PWM 方式駆動回路の半分である。従って、モータ回転時のスイッチング損失を低減できる。更に、正極性と負極性ののこぎり波の位相は互いに 180° ずれている。このため、ブリッジ回路の片側を構成する上下のトランジスタが同時に導通することがなく、ブリッジ回路の短絡を確実に防止することができる。実験によって上記動作を確認するとともに本 PWM 方式が直流ブラシレスモータの駆動回路にも適用できることを実証

している。また、本駆動回路の主要部をハイブリッド IC に実装し、その実用化を計っている。

第 3 章では直流サーボモータ及び直流ブラシレスモータのデジタル・アナログ混成制御回路について述べている。本制御回路はモータの回転角及び回転速度を制御するデジタル位置決めループと、指令された位置でのモータの振動を防止するアナログ位置決めループからなる。デジタル位置決めループは従来の制御回路と同様に目標の位置と実際の位置を実時間で比較してその差がゼロになるようにモータを回転させる。目標の位置は入力される直列パルス列のパルス数で指令され、目標の位置に到達するまでの速度は直列パルス列の周波数で指令される。また、実際の位置、すなわちモータの回転角はその回転軸に直結されたインクリメンタル型エンコーダによって検出される。基本的にはこのデジタル位置決めループだけでもモータの回転角及び回転速度を制御することが可能であるが、ループ利得を大きくして位置の追従誤差を小さくすると過渡応答が振動的になる。通常はこの振動を抑制するために速度制御ループが付加されるが、モータが静止している時は速度制御ループが機能しないので、モータが指令された位置で振動する。本制御回路ではモータの回転角の検出に正弦波を出力するエンコーダを用い、目標の位置までの制御はデジタル位置決めループで、目標の位置に到達した後の制御はアナログ位置決めループで行うことによってこの問題を解決した。アナログ位置決めループは比例微分調節器として機能し、モータを指令された位置に固定する。デジタル部をモノリシック IC に、アナログ部をハイブリッド IC にそれぞれ集積して制御回路を試作し、動作の確認を行い、満足すべき結果を得た。本制御回路は産業用ロボット、NC 工作機械及び半導体製造装置等の精密位置決め制御システムに広く応用されるであろう。

ステッピングモータのステップ角がモータの構造によって決まるのに対し、直流サーボモータや直流ブラシレスモータのステップ角はその回転軸に直結されたエンコーダの分解能によって決まる。従って、これらのモータのステップ角を高めるには高分解能のエンコーダが必要である。しかし、正弦波を出力するエンコーダを用いてモータのステップ角を補間すれば、高分解能の位置決め制御を実現できると同時に低速での滑らかな回転が可能になる。第 4 章ではこのような考えに基づいて開発した直流サーボモータのマイクロステップ制御回路について述べている。本制御回路は分解能の高いアナログ位置決めループと分解能の低いデジタル位置決めループからなる。アナログ位置決めループはエンコーダから出力される正弦波の 1 周期を 4 周期の疑似ランプ電圧に変換し、その 1 周期を更に均等に N 分割するようにその振幅を N 個のレベルに量子化して疑似ランプ電圧の 1 周期区間内での回転を制御する。一方、デジタル位置決めループは疑似ランプ電圧のある区間から隣接する区間への回転を制御する。エンコーダのスリットの数を R とすると本制御回路のステップ角は $90^\circ / NR$ であり、従来の制御回路の $1/N$ である。第 3 章で述べたデジタル・アナログ混成制御回路のために開発されたモノリシック IC とハイブリッド IC を用いて本制御回路を試作し、ステップ角 0.009° 位置決め精度 0.002° を実現した。本制御回路は、結晶引き上げ装置、天体観測装置及び追跡レーダ等のように低速での滑らかな回転が要求される位置決め制御システムや、半導体製造装置、走査型電子顕微鏡及び走査型トンネル顕微鏡等のような高い分解能が要求される位置決め制御システムに応用されるであろう。

第 5 章は結論であり、本論文を総括している。