

小型 DC モータのセンサレス化

A development of sensor less miniature DC motor

電子制御システム研究室

伊藤 終太郎

指導教員 富田 雅史

1)サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 電子制御システム研究室

キーワード： 小型 DC モータ・位置制御・速度制御・スパークノイズ・センサレス

1. はじめに

ブラシレスモータは、ホールセンサや誘起電圧などの検出を用いることで、速度および位置制御を行うことができる。しかし、センサを用いるため、これはコストが高く安価な製品に向かない。そのため、小型の模型や教育向け教材などには、安価な小型 DC モータを用いることが多い。一般に小型 DC モータは、ブラシが用いられており、直流電流を流せば回転するものであり、センサは不要である。なお、小型 DC モータもセンサやエンコーダを用いることで、ブラシレスモータと同様に速度位置制御を行うことができる。しかし、既存製品に制御を追加する場合は、センサの取り付けが必要となり、スペースの確保できず現実的ではない。本研究では、ブラシモータの出力波形から回転数を検出する方法を提案する。これにより、既存製品に大掛かりな手を加えることなく、安価に速度および位置制御が可能となる。

2. 概要

図 1 に小型 DC モータの原理図を示す。小型 DC モータは、図 1 のようにブラシとコミテータの電極を順次接触させることで、電流切り替えが行われ回転する。この切り替え時に、電極が一時的に開放状態となり、スパークノイズと呼ばれる電圧変動が発生する。

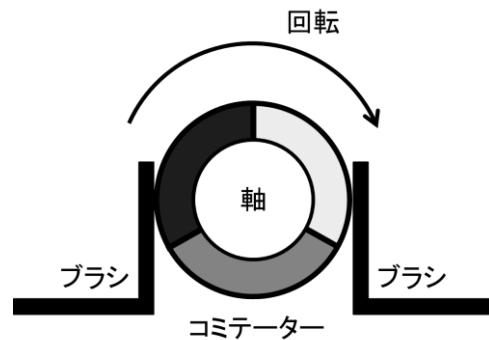


図 1 モータ原理図

図 2 は小型 DC モータ (FA-130RA) を測定した時の電圧波形である。本研究では、このスパークノイズを検出し、カウントする回路を作成して、回転数の計測を行うことで小型 DC モータのセンサレス化を実現する。本論文では、これをセンサレス回路と呼ぶこととする。

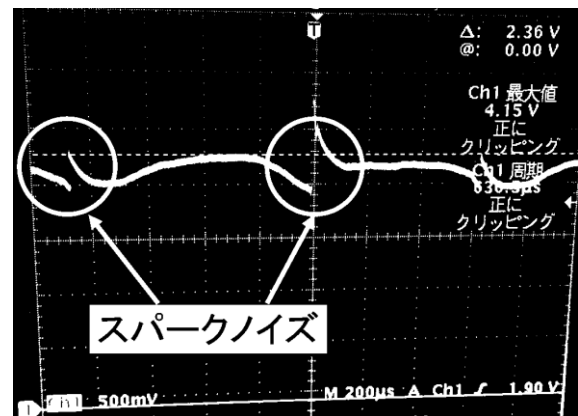


図 2 小型 DC モータの電圧波形

3. システム構成

図3は、センサレス回路のシステム構成図を示す。まず、モータの出力電圧をバッファで安定化、コンパレータによりスパークノイズを検出し、パルスとして出力する。ただし、このパルスの幅は短く、そのままではカウンタが反応しないため、マルチバイブレータによりパルス幅を延長し、カウンタでパルスをカウントする。

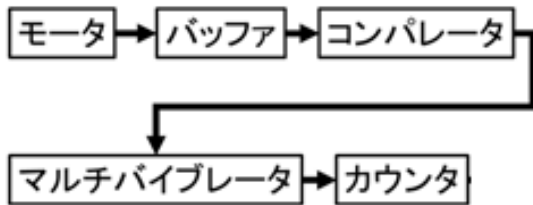


図3 システム構成図

5. センサレス回路

図4にセンサレス回路を示す。モータ端子にコンデンサを並列接続してモータ出力の高周波ノイズ除去を行った。さらに、直流カットコンデンサを介して、モータの出力とセンサレス回路を接続し、回路を絶縁させた。そして、オペアンプを用いたバッファを介して、コンパレータでパルスに変換する。このパルスをロジック IC (74HC00AP) を用いた単安定マルチバイブレータで、パルス幅の延長を行った。ロジック IC (74HC4040AP) によるカウンタでパルスをカウントした。

本研究では、Arduino により7セグメント LED を制御してカウント数を表示し、動作確認を行った。

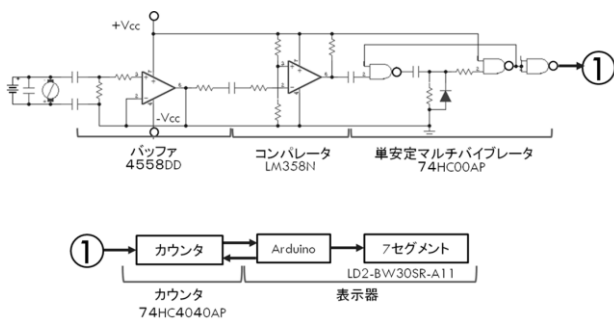


図4 センサレス回路

6. 回転数の計測

第2章でスパークノイズを測定したモータで、回転数の計測を行った。これをモータベースに取り付け、プラスチックボードに固定し、電源は直流安定化電源を使用した。

測定した結果、416[カウント/sec]となった。本研究で使用したモータのコミテータは3つの導通部に分かれている。そのため、スパークノイズはモータが一回転する間に3回発生するため、一秒間に約139回転しているということになる。これをrpmに換算すると8320[r/min]となる。

この結果が正しいことを確認するため、フォトリフレクタ[RPR-220]を用いた光センサによる測定を行った。この回路の出力をオシロスコープで測定したところ144[Hz]となり、rpmに換算すると8620[r/min]となった。この誤差の要因は、センサレス回路では表示の都合上で10回の平均を表示しており、光センサ回路と異なる測定だったため、誤差が生じたと考えられる。この誤差を考慮すると、提案した回路はスパークノイズから回転数を正常に計測できていると判断する。

7. 今後の展望

PWM制御を行った際にその信号がスパークノイズに重畳し、コンパレータ回路が誤反応して、現在のセンサレス回路では回転数をカウントすることができない。改善策として、モータにシャント抵抗を直列接続し、抵抗両端を測定する電流計測型の研究を行っている。これにより、PWM制御時の回転数検出も行うことができるようにする。

また、今後はフィードバック制御回路を追加することで、速度および位置制御を行っていく。

8. 文献

- [1]谷腰欣司著、新時代のメカトロニクスを拓く小型モーターのしくみ基礎知識の習得から回路設計の実務まで、電波新聞社、pp45-47、2004年
- [2]<https://www.mabuchi-motor.co.jp/product/knowledge/performance/noise.html>