

1. 緒言

現在、下肢に片麻痺を持つ患者は、短下肢装具(AFO)を装着することで、足のつま先の垂れ下がりを防ぎ、歩行を可能にしている。しかし、一般的なAFOは、常に足関節(足首の関節)を固定しているため、エネルギー消費が大きくなりなめらかな歩行が困難である。自然な歩行に近づけるためには、歩行状態別に、足関節回りに適切な制動モーメントを発生させる必要があると考えられる。

本研究では、必要な制動モーメントを発生させるためにDCモータの電磁ブレーキを利用する。そして、歩行状態別に合わせて足関節の抵抗を変化させるとともに昇圧チョップ回路を用いてエネルギー回生を行うAFOの開発を目指している。

今回は、AFOへの実装のための基礎検討として昇圧チョップ回路(図2)を製作し、実験値と数値シミュレーション値の比較を行い、基本的な性能について検討する。

2. エネルギー回生を用いたAFO

開発したAFO(図1)は、足関節が自由に回転可能なプラスチック製のAFOを土台として、足裏2か所に感圧センサを取り付け歩行状態を判別し、ふくらはぎ部のDCモータと昇圧チョップ回路により足関節部の回転減衰を可変制御している。足関節の動きによりDCモータで発電を行い、必要な電気エネルギーを補うとともに昇圧チョップ回路を用いることでバッテリーに充電する。それらにより、外部電源を必要としないで、長時間使用可能なAFOになっている。



図1 開発したAFO

3. エネルギー回生方法

昇圧チョップ回路(図2)は、トランジスタのOn、Offの切り替えをPWM制御により高速に切り替えることで入力電圧よりも高い電圧を出力する。トランジスタOnにすると、図2のトランジスタを通りコイルにエネルギーを蓄積する。そして、トランジスタをOffにすると、トランジスタOn中に蓄積されたエネルギーが放出され入力電圧よりも高い電圧がバッテリー側に出力され、バッテリーへの充電を可能にする。

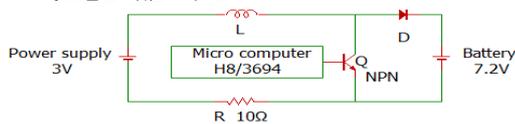


図2 昇圧チョップ回路

4. 実施内容

4. 1. 実験内容

図2の昇圧チョップ回路において入力電圧3[V]で実験を行い、昇圧電圧を測定し、バッテリーに充電可能であるかを検討する。

4. 2. シミュレーション内容

図2の昇圧チョップ回路において周期0.1[ms], Duty比50%でトランジスタのOn時間, Off時間での数値シミュレーションを行う。計算にはMicrosoft Visual Studioを使用して、ルンゲ・クッタ法を用いている。抵抗R[Ω], 電流i[A], 電源電圧E[V], バッテリ電圧E₀[V], インダクタンスL[H], 時間t[s]とすると、トランジスタOn時の回路方程式は(1)式、トランジスタOff時の方程式は(2)式で表わされる。

$$Ri + L \frac{di}{dt} = E \quad (1)$$

$$Ri + L \frac{di}{dt} = E - E_0 \quad (2)$$

5. 実験結果と数値シミュレーション結果の比較

比較結果を図3に示す。周期的な傾向は同じになっている。また、バッテリー電圧を超える電圧を出力していることからバッテリーへの充電が可能であることがわかる。

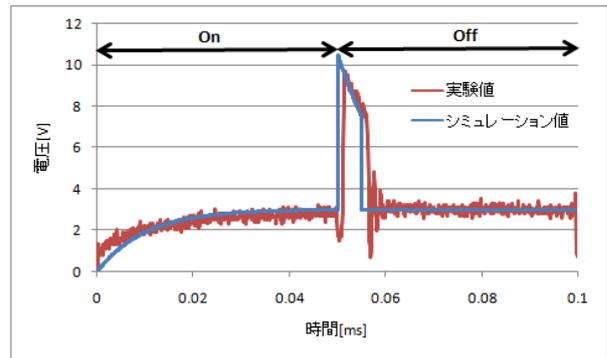


図3 実験結果と数値シミュレーション結果の比較

6. 結言

本研究では、エネルギー回生を用いたAFOの開発のための基礎検討として昇圧実験結果と数値シミュレーション結果の比較を行った。今回用いた昇圧チョップ回路は、昇圧によりバッテリーに充電可能でエネルギー回生を行えることが確認できた。また、比較によりほぼ一致したことから実装するにあたりさまざまな条件でチョップ回路の性能を定量的に検討することが可能となった。

今後、昇圧チョップ回路でのエネルギーの回生率を検討する。