

エネルギー回生型マスタースレーブシステムの基本性能の検討

1. はじめに

著者らの研究室では、既報⁽¹⁾⁽²⁾で DC モータを用いたエネルギー回生型マスタースレーブシステムを提案しており、力覚を有しバッテリー交換不要な電動義手や、力覚を有する手術ロボットなど、様々な用途への適用を検討している。これらの機器の実用化のためには、システムの応答特性や、エネルギー回生効率などの基本的特性を明らかにしていく必要があるため、シミュレーション手法を構築することを考える。

本研究では、提案するシステムの概要および原理を示し、基礎実験装置での実験と、シミュレーション結果を比較することで、提案するシミュレーションの有効性を検討する。

2. 提案するマスタースレーブシステムの概要

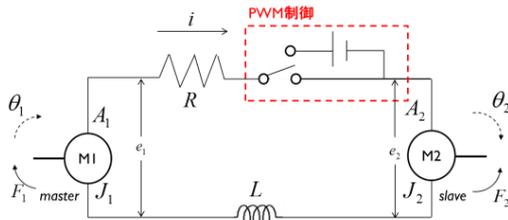


図1 提案するシステムの電氣的モデル

図1のように、提案するシステムは2つのDCモータが電氣的に接続されており、一方をマスター、もう一方をスレーブとする。マスターに力学的エネルギーを加え、発電機として使用し、スレーブの動力源とすることで、外部からの電力供給無しに駆動する。しかし、同一特性のモータを使用すると、回路内でエネルギーロスが起こり、スレーブ側が減速してしまう。そこで、異なる特性のモータを用いることで、スレーブをマスターより速く動作させる手法を提案する。今回は、マスターとスレーブの速度を1対1にすることを目標とし、余分に増速された速度は、小型バッテリーをバッファとして利用し、PWM制御で任意の電圧を出力させることでブレーキをかけ、速度制御をする。さらに、そのエネルギーをバッテリーに充電することを考える。

3. 充電シミュレーション・実験

2章で示したシステムのモデルを用いて連立微分方程式を立て、数値的に解くプログラムを作成し、シミュレーションを行った結果を図2に示す。

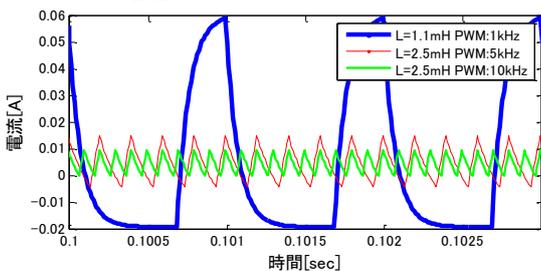


図2 インダクタンス、切り替え周波数の変化に対する電流波形(シミュレーション)

結果から分かるように、切り替え周波数およびインダクタンスの値が小さい場合にはバッテリーから放電してしまっているが、それらを増加させていくことで、バッテリーからの放電を防ぐことができていく。放電している原因を考えると、切り替え周期より回路の応答の方が早く、定常状態近くまで電流が振れてしまうことが原因であると考えられ、切り替え周期を速く、インダクタンスを増加し回路の応答を遅らせることで、放電を防ぐことができると考えられる。

次に、先のシミュレーションと同じ条件で行った実験の結果を図3に示す。

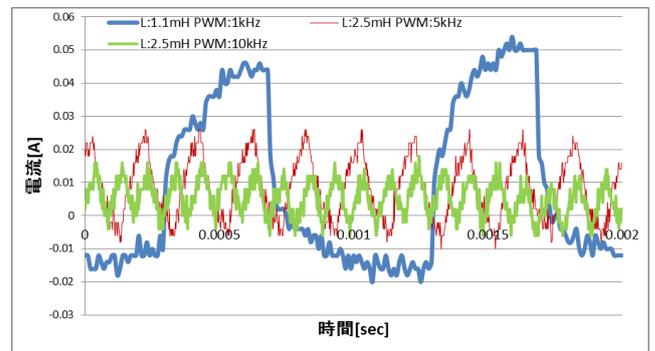


図3 インダクタンス、切り替え周波数の変化に対する電流波形(実験)

結果から分かるように、インダクタンスを増加、切り替え周波数を速くすることによって、電流波形の振幅が小さくなり、シミュレーションと同じような傾向を示し、電流が負の値をとることは、ほとんど無くなった。しかし、シミュレーションと実験では、値に誤差が生じている。これは、回路の内部抵抗や、インダクタンス、負荷の値を明確にできていないこと、が大きな原因であると考えている。

4. おわりに

エネルギー回生型マスタースレーブシステムの実用化を目標として、システムの特徴を活かした充電・制御方法を提案した。充電システムに対し、シミュレーション・実験の両面から検討し、シミュレーションの有効性を確認した。今後は、精度を改善していき、システムの実用化の際にシミュレーションを用いることで、効率よく機器の製作ができると考えている。

文献

- (1) 井上喜雄, 芝田京子, 市原哲也, 山本哲弘, 赤島成信, 外部電源が不要な電動義手の制御, Dynamics and Design Conference 2013, 日本機械学会, No.13-2, 講演番号 442, 2013
- (2) 市原哲也, バッテリー交換を必要としないマスタースレーブ型電動義手の研究, 日本機械学会中国四国支部第 51 期総会・講演会講演論文集, No135-1(2013),K-613