

モータによるエネルギー回生を用いたマスタースレーブシステムの研究

1. 緒言

現在、一般的な遠隔操作の方法としてマスタースレーブシステムがある。マスタースレーブシステムは、操作部であるマスター装置と、作業部であるスレーブ装置から構成されている。マスター装置に操作が加えられると、スレーブ装置は追従した動作をし、離れた場所においても2つの装置は同等の動作をすることが可能となる。また、マスター装置がスレーブ装置の反力を検知できるような力覚を有するシステムもある。

従来のマスタースレーブシステムは、上述の性能を実現するため、大型の外部動力源や力覚センサなどの各種センサを必要とする。その結果、装置の大型化や重量の増加といった問題が発生し、使用環境や用途が大幅に制限されている。

本研究では、モータの特性によるエネルギー回生を用いたマスタースレーブシステムを提案する。エネルギー回生を用いることにより、力センサを用いることなくマスター装置は力覚をもつことができ、大型の外部動力源を使用することなく、従来のマスタースレーブシステムと同等の遠隔操作システムが実現可能となる。本報では、提案手法の問題点を明らかにし、その検証を行う。

2. 提案システムの概要

提案するシステムは2つのDCモータを1つの電気回路で接続し、一方のモータをマスター装置、もう一方をスレーブ装置とする。マスターモータに力学的エネルギーである仕事を加える事で、マスターモータは発電機として働き、力学的エネルギーを電気エネルギーに変換する。この電気エネルギーを再びスレーブモータが力学的エネルギーに変換することでアクチュエータとして働き、エネルギー回生を用いた遠隔操作が成立する。

また、2つのモータが1つの電気回路内にあることで共通の電流が流れる。これによりセンサを用いることなく、マスターモータでスレーブモータの反力を感じながらの操作が可能になる。

3. 負荷実験

上述のシステムを実際に動かした場合、スレーブモータに何らかの負荷が加わりスレーブモータの回転速度が低下することでマスターとスレーブに速度差が生じる。そこで、今回は負荷を加えた場合のマスターモータとスレーブモータの速度差を実験により計測する。また同時に負荷トルクも取得する。負荷トルク T は抵抗間の電流 i を計測し、モータの特性式(1)に代入することで導出する。

$$T = Ai \quad (1)$$

ここでの A はアクチュエータ係数を表す。

実験方法は、図1のように負荷用モータをスレーブモータに取り付け、負荷用モータに接続している抵抗の値を変化させるこ

とにより、与える負荷を変化させる。

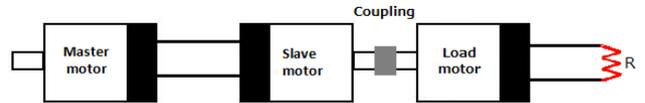


Fig.1 Model of experiment system

図2と図3に負荷抵抗の大きさ毎のマスターモータの回転数に対するスレーブモータの回転数、および負荷トルクを示す。負荷用モータに接続している抵抗値が小さくなるほど、スレーブモータの回転数は低下し、負荷用モータが発生させた負荷トルクは大きくなることを確認できる。これらの実験結果は、理論と同様の傾向が示せたと言える。数値の違いについては、メカロスや回路抵抗などによる損失が大きく作用したため、速度差が大きくなったと考えられる。

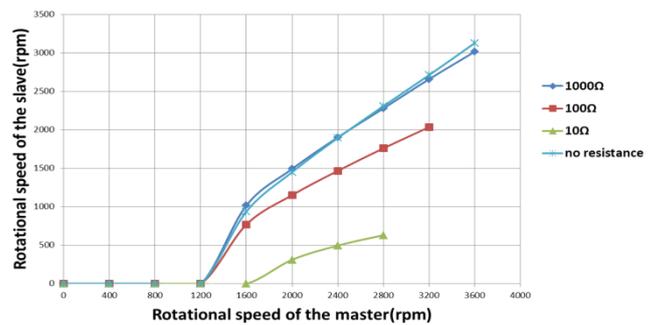


Fig.2 Result of rotational speed

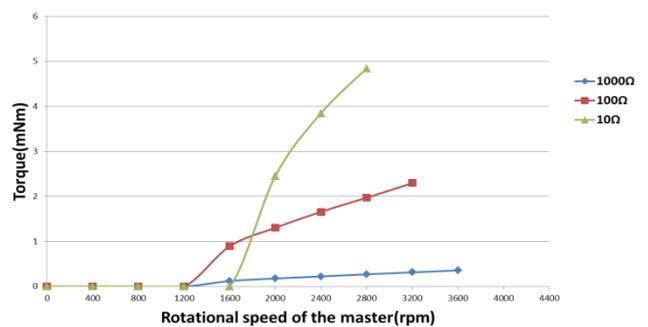


Fig.3 Result of torque

4. 結言

本研究では、2つのモータを組み合わせ、エネルギー回生を利用したシンプルな構成のマスタースレーブシステムを提案した。また、実験により、スレーブモータに負荷が加わった場合にスレーブモータの回転数が著しく低下してしまう事が判明した。しかしながら、理論と同じ傾向が示されているので、今後モータの回転数が低下してしまう問題を解決するためにモータにギアを接続し、モータが発生するトルクを増幅させスレーブの速度にどのような変化があるかを検討していく。