

産業用ロボットのための省エネ形直流モータ駆動制御システム

——チョッパ制御回路の特性研究——

機械金属部 小石川勝男 山羽 和夫*

1. まえがき

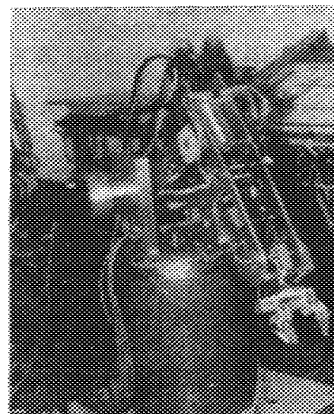
次世代の産業基盤を担うと予想される産業用ロボットの開発は、特にハードウェアにおいて、独創的な技術開発が必要であり、根本的概念を生体から学ぶことが多い。

ここでは、生体に似たエネルギー消費傾向を有する産業用ロボットのアクチュエータ駆動回路を試作し、これを5自由度マニピュレータの1軸へ適用した場合の省エネ効果について追求したので報告する。

2. 実験方法

2.1 適用した5自由度マニピュレータの概要

図1に示すようにマニピュレータ本体は、腕の左右旋回(θ_1 軸)、腕の上下旋回(θ_2 軸)、肘の上下旋回(θ_3 軸)、手首の回転(θ_4 軸)と振り(θ_5 軸)からなる5自由度を持った多関節形極座標形式のマニピュレータ構造をとっている。腕の左右旋回(θ_1 軸)および腕の上下旋回(θ_2 軸)はモータから減速機(減速比160:1および200:1)を介して各軸を駆動し、その他の各軸についてはモータ・減速機(減速比200:1(θ_3 軸), 100:1(θ_4, θ_5 軸))からチェーン(歯車比1:1)を経由して駆動している¹⁾。



実験は、これらの各軸のうち、実験が容易な θ_3 軸を使用した(θ_3 軸1こは300Wの直流サーボモータを取付けてある)。実験は θ_2 軸を水平位置から上方向に30度に固定した状態で θ_3 軸を水平位置から上下方向に15度の範囲で駆動させて行った。また、負荷の位置は θ_3 軸から500mm先のハンド部である。

2.2 スイッチング式サーボモータ制御回路の設計および試作

生体、例えば人間の場合、軽い物体を持つときは少ない消費量でハンドリングしている。逆に重量物であれば多量のエネルギー消費量を必要とする。このような生体の合目的な特長に着目して、マニピュ

* 工業技術院 機械技術研究所

レータを駆動する制御回路の設計を行った。筆者らは、以前マニピュレータの制御回路においてチョッパ回路が通常のサーボ回路に比べて有利であることを発表している²⁾³⁾。チョッパ方式をロボット等のアクチュエータに応用した例として英国で義手に使用した例がある⁴⁾。

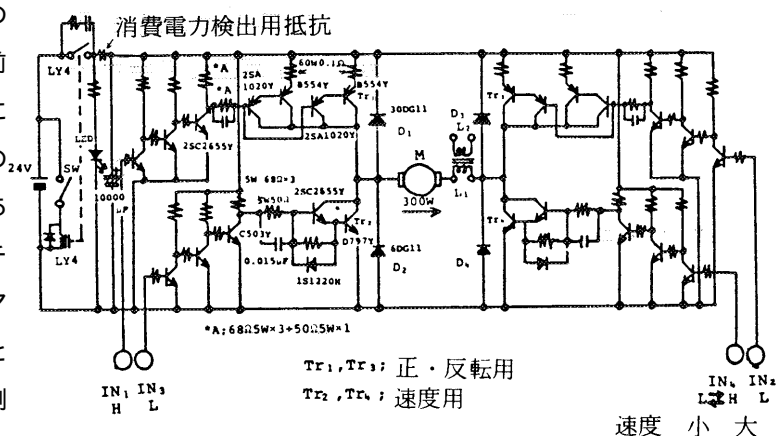
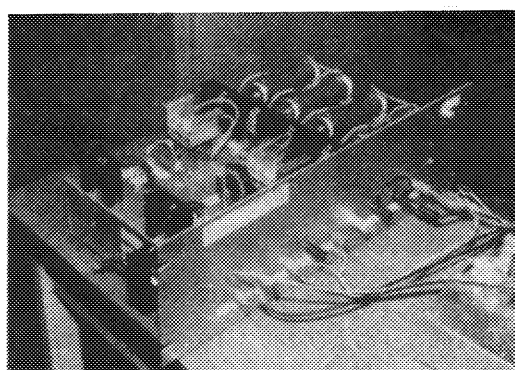


図1 アクチュエータ制御回路

図 1 に試作したアクチュエータ制御回路を示す。また、写真 2 にその外観写真を示す。

300W以上の直流モータをトランジスタチョッパ駆動させる場合、ダーリントン構造のトランジスタを用いることが良策である。この理由は、ダーリントントランジスタが単体のトランジスタに比べて安価でかつ、低いベース電流で駆動できる長所があるためである。図1の回路中に使われている最終段のパワートランジスタを完全飽和状態で用いるために、ここではトランジスタの h_{FE} 規格の1桁以上も多いベース電流を流した。産業用ロボットのアクチュエータとしてのモータは常に一定のトルクで駆動することが好ましいことから、本回路では直流サーボモータと直列にリアクタンスを挿入することでトルクを一定とした。



3. 実験結果および考察

図 2 に可変形定電圧電源で直流サーボモータを直接駆動した場合の各動作速度における消費電力を示す。図 3 にスイッチング式直流モータ駆動回路の消費電力を示す。図 2 の下方向の動作の消費電力が上方向の動作の消費電力より小さくなっているのはマニピュレータの自重の影響による。図 3 において、各負荷の消費電力は動作速度が増しても図 2 に比べて緩かな上昇を示していることがわかる。

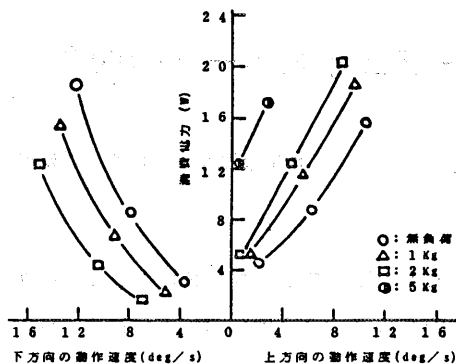


図2 消費電力と動作速度の関係

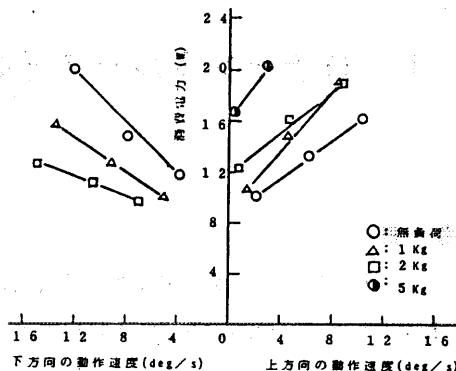


図3 消費電力と動作速度の関係

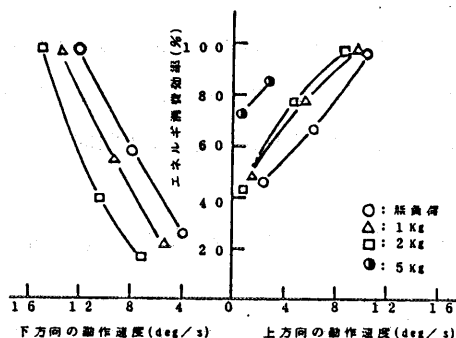


図4 エネルギー消費効率と動作速度の関係

図4に本回路におけるエネルギー消費効率を算出した結果を示す。図4より試作したスイッチング式制御回路でマニピュレータを上方向に動かした場合、動作速度が遅い時でもエネルギー効率が良く、動作速度が増す程、効率がさらに良くなることがわかった。下方向に動作させた場合、負荷が増す程動作速度が速くなり、エネルギー消費効率が小さくなる傾向を示している。

4. まとめ

300W直流モータ用のスイッチング式チョッパ制御回路の試作実験結果、従来のサーボ回路方式に比べて、エネルギー消費効率を上げることが確認できた。また、マニピュレータ駆動時におけるスイッチングトランジスタの熱発生は認められなかった。(第3回 ロボッ学会 学術講演会(1985. 11.30)にて発表)。

参考文献

- 1) 高島ら:簡易産業用ロボットに関する研究(第1報) 茨城県工業試験所年報 12号 51)
- 2) 山羽 :第2回バイオメカニズム学術講演会(1981)予稿集 131
- 3) 小石川:ロボットの制御技術 茨城県工業試験所年報 12号 48
- 4) STOREY 'Control off All Arm Prosthesis'A thesis Presented for the degree of Dr. PH. Univ., Southampton, (England, April, 1977) 97