

電磁系アクチュエータ の出力操作

工学部 機械知能工学科

熊谷 正朗

kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

東北学院大学工学部
ロボット開発工学研究室 RDE

今回の到達目標

○ 電磁アクチュエータの動かし方

- ◇Hブリッジについて説明できる。
 - ・電流を流す極性の変更方法
- ◇PWMによる出力調整方法を説明できる。
 - ・オンとオフだけによる出力の調整方法
 - ・スイッチングによる調整 と アナログ的な直列可変抵抗による調整
- ◇スイッチオフ時の問題について説明できる。
 - ・コイルの特性とフリーホイール

MB13 電磁アクチュエータ出力操作 Page. 2 TGU-MEIS-メカトロニクス基礎

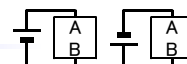
なにをすべきか

○ 電磁アクチュエータの動作調整

- ◇電磁アクチュエータ全般の特徴
 - ・電流の向きを変えると磁極・磁力等が反転。
 - ・電流の大きさに比例した力が出る。
- ◇出力を調整するには
 - ・電流(≠電圧)の極性を変更する。
 - ・電流(≠電圧)の大きさを変更する。
- ◇変更の指令
 - ・コンピュータからの電氣的な指令で

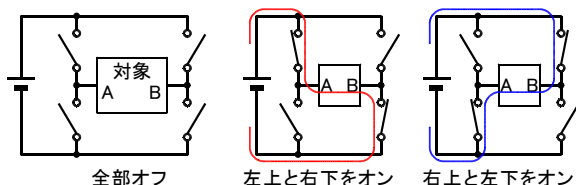
MB13 電磁アクチュエータ出力操作 Page. 3 TGU-MEIS-メカトロニクス基礎

Hブリッジ



○ オン-オフ スwitchによる極性変更

- ◇スイッチ4個の回路
 - ・対角線のスイッチをセットでオンオフ。
 - ・上下のスイッチは絶対に同時にオンしない。

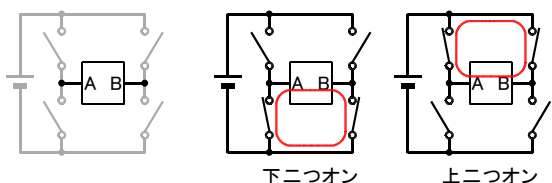


MB13 電磁アクチュエータ出力操作 Page. 4 TGU-MEIS-メカトロニクス基礎

Hブリッジ

○ 全オフ、ブレーキ

- ◇電源とはつながらない2モード
 - ・(全)オフ: 単なるオフ
 - ・ブレーキ: 上下一方の2個オン (ショート)

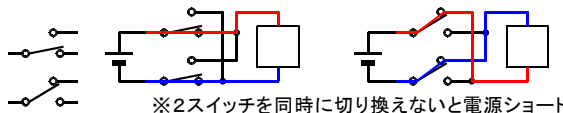


MB13 電磁アクチュエータ出力操作 Page. 5 TGU-MEIS-メカトロニクス基礎

極性変更のスイッチ回路

○ 切替スイッチによる実装 & モータに適用

- ◇切替スイッチ・リレーによる正逆切替



※2スイッチを同時に切り換えないと電源ショート

- ◇各種モータへの切替スイッチの適用

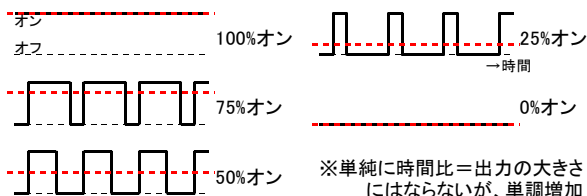
- ・直流モータ: 正逆可
- ・三相交流モータ: 3本のうち、2本入替で可
- ・単相交流モータ: 一般に不可(参考: 扇風機)

MB13 電磁アクチュエータ出力操作 Page. 6 TGU-MEIS-メカトロニクス基礎

PWMによる出力の調整

○ オンとオフだけで「中くらいの出力」

- ◇アイデア: 高速でスイッチをオンオフする
 - ・オンの期間の比率で「平均的に」調整
 - ・オンの時間の比率 = デューティ比



※単純に時間比=出力の大きさにはならないが、単調増加

MB13 電磁アクチュエータ出力操作 Page. 7 TGU-MEIS-メカトロニクス基礎

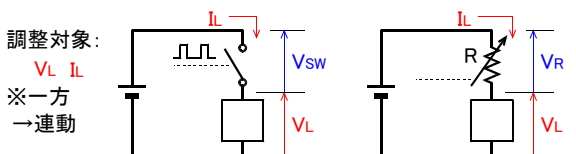
PWMによる出力の調整

○ スwitching型 と 直列可変抵抗型

- ◇二つの出力調整方法

- デジタル的 ・スイッチング(PWM): 前述
- アナログ的 ・直列に可変抵抗をいれて、電圧降下させる

※可変抵抗として振る舞う回路をつくる



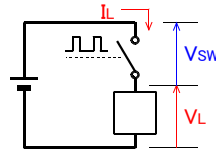
MB13 電磁アクチュエータ出力操作 Page. 8 TGU-MEIS-メカトロニクス基礎

PWMによる出力の調整

○ スwitchング型 と 直列可変抵抗型

◇ スwitch部分の電力消費 (=電力損失=むだ)

- ・ オンのとき: I_L あり、 $V_{SW} \approx 0$
→ スwitchの消費電力 ≈ 0
- ・ オフのとき: $I_L = 0$ 、 $V_{SW} \neq 0$ (状況次第)
→ 消費電力 $= 0$
- ・ スwitchの消費は常にほぼゼロ。

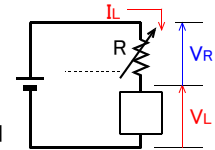


PWMによる出力の調整

○ スwitchング型 と 直列可変抵抗型

◇ 可変抵抗部分の電力消費

- ・ 抵抗での電圧降下: $V_R = R I_L$
※これで対象にかかる電圧を減らす
- ・ 抵抗での消費電力: $V_R I_L = R I_L^2$
- ・ 出力を絞るための抵抗でむだに消費。
- ・ むだになる比率は $V_R / (V_R + V_L)$, ※0~1

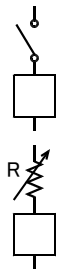


PWMによる出力の調整

○ スwitchング型 と 直列可変抵抗型

◇ スwitchング方式の利点と欠点

- ・ スwitchング式は損失が少 → 効率良、エコ
回路の損失は発熱 → 放熱の苦勞が激減
- ・ 回路実装の手間は大きく変わらず
※PWM信号を作るマイコンを使った場合
- ・ 問題点: (1) スwitchングノイズ (2) 周期的な変動
- ・ 「綺麗さ」が必要なときには可変抵抗型



PWMによる出力の調整

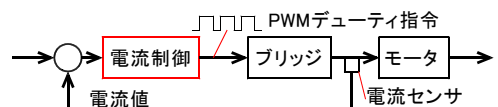
○ 電流の制御

◇ PWMと電流の関係が単純ではない。

- ・ PWMデューティと平均電圧はほぼ単純な関係
- ・ モータには起電力がある = 回転速度依存

◇ 電流を計測してのPI制御(参考:制御工学)で調整

- ・ 電流少(多) → デューティ比増(減)



PWMによる出力の調整

○ PWM方式に関する補足

◇ スwitchング周波数

- ・ PWMのオンオフの1秒当たり回数(普通は一定)
- ・ 最低で20kHz、ものによっては100kHz超
低: 可聴 高: 応答良、効率低下

◇ スwitchの実装

- ・ 半導体スitch(MOSFET など)

◇ 用途

- ・ モータ制御、電源回路(機器電源、ACアダプタ他)

スitchングによる高電圧対策

○ コイルの性質 (→第06回)

◇ 数式上の特性

$$L \frac{di(t)}{dt} = e(t) \quad \frac{di(t)}{dt} = \frac{1}{L} e(t)$$

$L[H]$: (自己)インダクタンス

◇ 実用上の留意点

- ・ 急にオフにはしない
※ di/dt が負に大きい → 両端電圧 e が大
- ・ 「スitchング」の最大の問題

スitchングによる高電圧対策

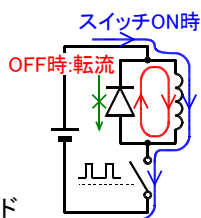
○ コイルは急にオフにしない

◇ 電流のバイパス経路

- ・ スwitchをオフにしたときに、コイルの電流を維持するような回路
- ・ 転流(フリーホイール)

◇ ダイオード

- ・ 1方向のみに電流が流れる半導体部品
- ・ フリーホイールダイオード



スitchングによる高電圧対策

○ Hブリッジでの対策

◇ フリーホイールダイオード+逆ペアのオン

- ・ 対角のスitchを急にオフ → Dを通る経路 (→ 反対ペアのスitchをオン)

