

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

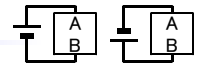
今回の到達目標

- 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

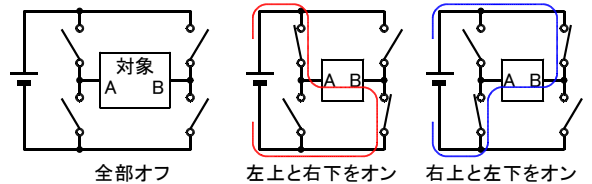
なにをすべきか

- 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。
 - ◇アクチュエータ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

Hブリッジ

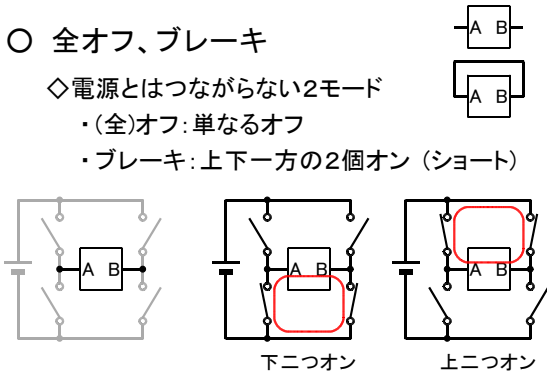


- オン-オフ スイッチによる極性変更
 - ◇スイッチ4個の回路
 - ・対角位置のスイッチをセットでオンオフ。
 - ※上下のスイッチは絶対に同時オンしない。



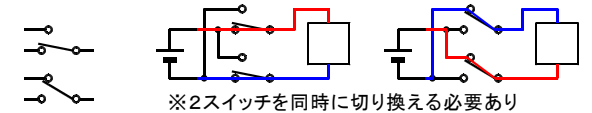
Hブリッジ

- 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)



極性変更のスイッチ回路

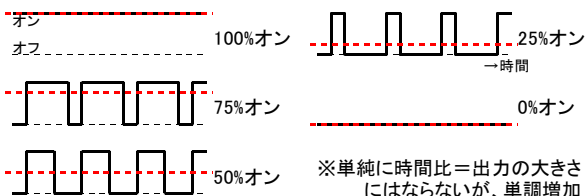
- 切替スイッチによる実装 & モータに適用
 - ◇切替スイッチ・リレーによる正逆切替



- ◇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)

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

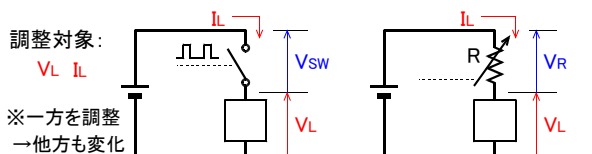


※単純に時間比=出力の大きさにはならないが、単調増加

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



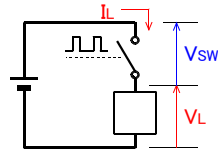
PWMによる出力の調整

○ スイッチング型 と 直列可変抵抗型

◇スイッチ部分の電力消費 (=電力損失=むだ)

- ・オンのとき: I_L あり, $V_{sw} \neq 0$
→スイッチの消費電力=0
- ・オフのとき: $I_L = 0$, $V_{sw} \neq 0$ (状況次第)
→消費電力=0

・スイッチの消費は常にほぼゼロ。



PWMによる出力の調整

○ スイッチング型 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

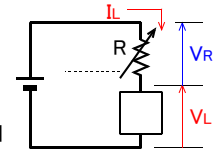
- ・抵抗での消費電力: $V_R I_L = R I_L^2$

・出力を絞るため

抵抗でむだに消費。

・むだになる比率は

$$V_R / (V_R + V_L), \quad ※0 \sim 1$$





PWMによる出力の調整

○ スイッチング型 と 直列可変抵抗型

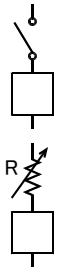
◇スイッチング方式の利点と欠点

- ・スイッチング式は損失が少 → 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 or 楽
※PWM信号を作るマイコンを使った場合

- ・問題点: (1) スイッチングノイズ 
- (2) 周期的な変動 

・「綺麗さ」が必要などときには可変抵抗型もあり



PWMによる出力の調整

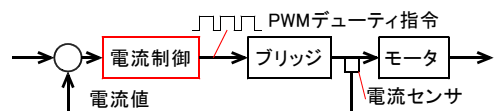
○ 電流の制御 (力の制御)

◇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

◇スイッチング周波数

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

◇スイッチの実装

- ・半導体スイッチ(MOSFET など)

◇用途

- ・モータ制御、電源回路(機器電源、ACアダプタ他)

スイッチ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(負)

・「スイッチング」の最大の問題


スイッチ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

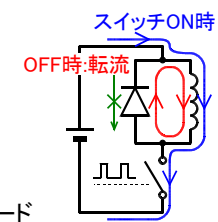
- ・スイッチをオフにしたときに、コイルの電流を維持するような回路

・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



スイッチ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

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

