

# PID 制御器と実験装置について

About of PID Controller and Experiment Devices

○青柳洋平<sup>#,A)</sup>、高木智士<sup>B)</sup>

A)有明工業高等専門学校 技術部

B)有明工業高等専門学校 エネルギーコース助教

## 概要

日常のみならず、あらゆる電気機械において制御が用いられている。その制御は紐解いていくと、Proportional:比例, Integral:積分, Derivative:微分の要素からなる。それらをP制御, PI制御と単体もしくは複合して用いられる。そして実験装置について、日々の実験・実習・演習において損傷・失敗・不備を一度もなく続けていく事は難しいが、それらの中でどのような修繕があったのかを述べる。

## 1. はじめに

現在、本校の学生実験において、可変抵抗の摩耗により波形の出力が難しくなった制御シミュレータや、故障の発生している実験装置がある。制御シミュレータにおいては配線が複雑である。

そこで、電子素子と基板の半田付けによるアナログ制御器の製作及び、実験装置の修繕の試みを報告する。

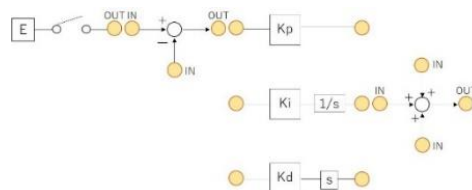


図 1. 制御器概略

## 2. 制御器の概要

図 1 に制御器の概略を示す。図左より、入力振幅となる電圧、減算器、 $K_p \cdot K_i \cdot K_d$ がそれぞれ比例要素・積分要素・微分要素のゲイン、そして加算器を通り出力となる。図 2 より図 4 において回路を示す。

本制御器において、オペアンプの耐圧を考慮して目標値を 5-15 V に設定している。オペアンプの電源が  $\pm 15$  V であるため、出力の上限は  $\pm 13.6$  V であり扱える信号は  $-12 \sim +12$  V である。このため目標値は 5-10 V とする。

電源部は、商用交流 100 V 60 Hz より AC-DC コンバータを経由して、DC-DC コンバータ  $\pm 15$  V を経由して回路へかかる電圧、入力振幅となる。

トグルスイッチにより開閉し、可変抵抗によりゲインを調整する。

配線には、ブレッドボードジャンパーワイヤ・分割ロングピンソケットを適用している。オペアンプは 2 個入りの LF412CN を使用している。

実験中に、オペアンプ・コンデンサの熱によって理論値と実験値が乖離せぬよう、時定数用には温度によって容量変化の少ない積層フィルムコンデンサを、パソコン用には積層セラミックコンデンサを適用している。

その他は金属皮膜抵抗により接続している。

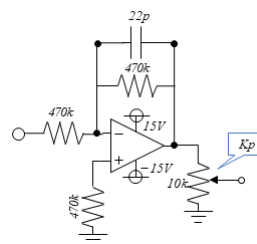


図 2. 比例要素回路

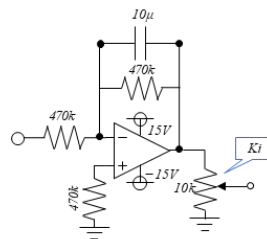


図 3. 積分要素回路

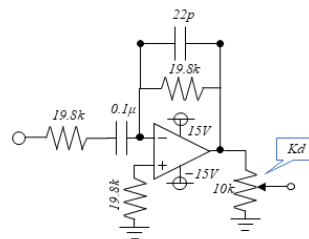


図 4. 微分要素回路

### 3. 実験

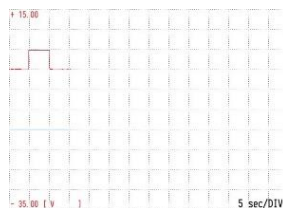


図 5. 比例要素

$K_p=8.7k\Omega$

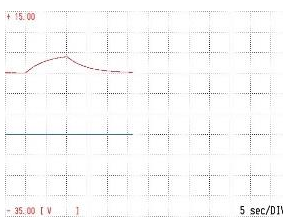


図 6. 積分要素

$K_i=9.6k\Omega$

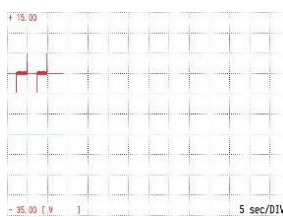


図 7. 微分要素

$K_d=6.9k\Omega$

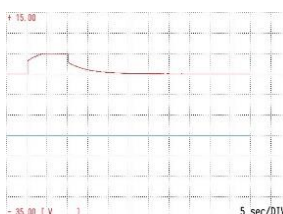


図 8. PI

$K_p=8.9k\Omega$   
 $K_i=8.6k\Omega$

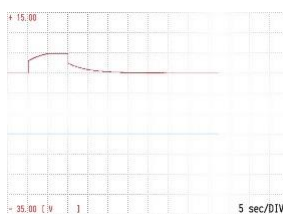


図 9. PID

$K_p=8.9k\Omega$   
 $K_i=8.6k\Omega$   
 $K_d=8.8k\Omega$

図 5 より図 9 において、制御器に入力振幅 15 V を与えた時の出力応答波形を示す。図 5 においては 1 s、

図 6, 8, 9 においては 2s 与えている。図 7 においては 0.5 s 毎に入力振幅の ON, OFF を切り替えている。目標値は、出力を調整する可変抵抗値を 6.0 k $\Omega$  とし 5V としている。

積分要素については波形が Low Pass Filter となっている。これは、オペアンプと並列のコンデンサと抵

抗を、それぞれを取り外しが可能なように組まず、直接接続して回路を組んでいるためである。微分要素は正の電圧に対しては負の方向、負の電圧に対しては正の方向の  $\delta$  関数の波形となっている。  $K_d$  [  $\Omega$  ] の値の減少につれ GND のノイズの増大が観察された。

### 4. 実験装置の修繕

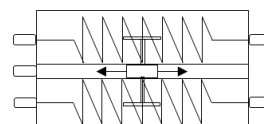


図 10. 摺動抵抗

図 10 に摺動抵抗図を示す。摺動抵抗は二本の巻線状の抵抗からなり、手動レバー下部の導体で電氣的に繋がっている。端子より巻線を通り手動レバー下部の導体、もう一方同じ側の巻線、端子までの長さが二本の抵抗を直列で用いた可変の用い方、抵抗の大きさとなる。二本の巻線を並列で用いる場合は、中央端子より二本の巻線間の導体、そして手動レバー下部の導体で二手に分かれ端の端子を短絡させどちらかより出す、という用い方をします。

これを実験の項目により二本を直列もしくは並列に繋いで使うが、レバーの位置や繋ぎ方に誤りがあると、短絡により電流が定格値を超え許容電流を上回り、抵抗線が焼き切れてしまう。その修繕を半田付けにより行っている。完全に元の状態は厳しいため、同等の線を用い最小限に縛り、レバー下部の導体にはねじり接続部が当たらぬよう、そして溝に引っ掛からぬようしている。修繕の結果はテストを端子にあて、レバーをスライドさせながら抵抗値の変化により確認しているが、不十分であると瞬間的に特異点が生じてしまう。

他の実験においては基本抵抗を挟む、大きい状態で始めるが、電動機の界磁制御[1]においては、定格回転数を超えないために摺動抵抗値を小さい状態より始動すると指導している。この項目より電気機械実験が始まる事は、摺動抵抗の巻線の断を無くするのが難しい一因と考えられる。

図 11 に電圧調整器上部図を示す。一次側、二次側のコイルの巻数比により電圧を調整すると考えられる。つまみの操作により約 0 V より定格電圧まで回路にかかる電圧を調整するが、急激な駆動・制動や使用の多発により、つまみ側面の六角ねじが緩んでいく。それにより 0 電圧位置、定格電圧位置のずれ、定格より図点線部を通過し 0 V 位置まで周回し制御の効かなくなる恐れがある、それを防ぐために 2-3 箇所六角ねじをつまみの 0 位置、上限位置と合うよう適切に六角レンチで締める。



図 11. 電圧調整器上部

## 5. まとめ

今回、簡易的な配線による制御器の製作と実験装置の修繕を行った。本試みによって、一応の結果が得られたのと損失を防げた点はある。しかし、半田付け作業が適切な程度を超えている事や、日常業務との均衡、強度や測定法、理論を形成していく事など新たな課題が見つまっている、今後は合議して計画的に発展させていきたい。

## 6. 謝辞

実施にあたり、ご指導下さりました泉勝弘名誉教授、そして本校教職員の多大なご協力に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 徳田精, 竹本信之, “強電流実験工学”, 国民科学社, 1976年, p20-p21.