

2007 年度 プロセス制御工学試験

【問題 1】

ある反応プロセスの温度制御を行いたい。反応器内温度を制御変数，冷媒流量を操作変数として，以下の問いに答えよ。

1. プロセスの動特性を把握するために，ステップ応答実験を実施した。その結果を図 1 に示す。プロセスの伝達関数を求めよ。
2. I-PD 制御によるフィードバック制御系を構築した。PID 制御ではなく I-PD 制御を用いるのは，なぜか。I-PD 制御を用いる動機を，PID 制御との相違点を明確にして説明せよ。
3. フィードバック制御のみでは十分に満足いく制御結果が得られなかった。その原因について検討したところ，原料温度の変動が制御性能を低下させていることが判明した。そこで，原料温度測定値を利用して，フィードフォワード制御系を構築したい。原料温度から反応器内温度への伝達特性が式(1)で与えられるとして，フィードフォワード・コントローラを設計せよ。

$$D(s) = \frac{1}{6s+1} \quad (1)$$

4. ここで構築した，フィードフォワード制御とフィードバック制御を併用した制御系全体のブロック線図を描け。
5. フィードフォワード制御の追加によって，制御系の安定性はどのように変化するか。理由と共に答えよ。

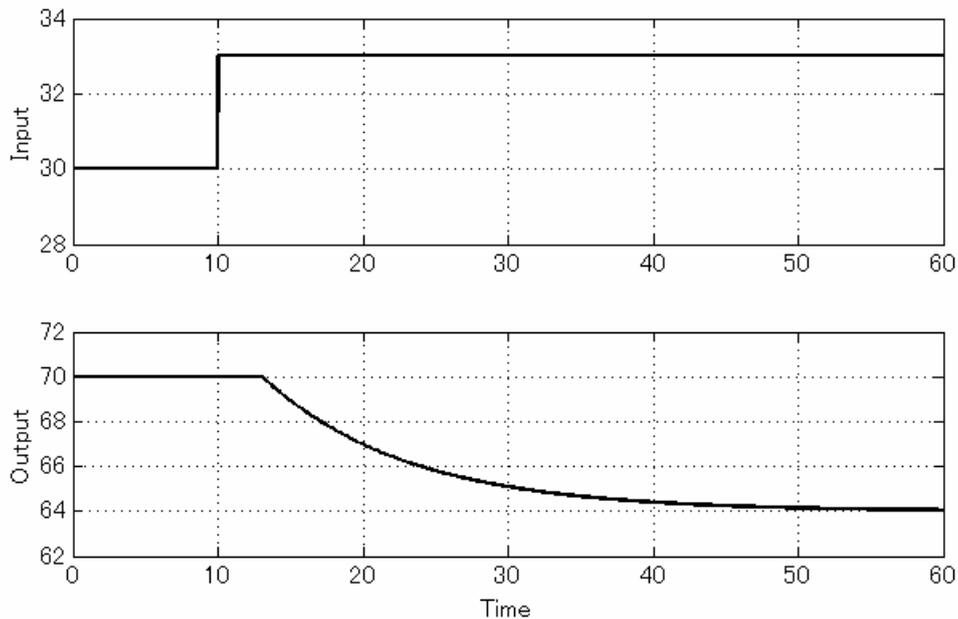


図 1 ステップ応答実験結果

【問題 2】

以下の問いに答えよ。

1. フィードバック制御系のゲイン余裕および位相余裕をボード線図から求めたい。コントローラとプロセスの伝達関数をそれぞれ $C(s)$, $P(s)$ とするとき、ボード線図を描くべき伝達関数は何か。
2. ゲイン余裕が 5dB の PID 制御系がある。比例ゲインのみを調整してゲイン余裕を 15dB にしたい。比例ゲインを何倍にすればよいか。
3. プロセスの伝達特性が式(2)で与えられるとき、そのステップ応答は振動的か非振動的か。理由と共に答えよ。

$$P(s) = \frac{1}{25s^2 + 2s + 1} \quad (2)$$

4. プロセスの伝達特性が式(2)で与えられるとき、そのステップ応答を求めよ（時間 t の関数として）。ただし、以下のラプラス変換の公式を利用してもよい。

$$L[\sin \omega t] = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}, \quad L[\cos \omega t] = \frac{s}{s^2 + \omega^2} \quad (3)$$

5. プロセスの伝達特性が式(2)で与えられるとき、そのインパルス応答を求めよ。
6. プロセスの伝達特性が式(2)で与えられるとき、そのステップ応答の行過ぎ量を求めよ。
7. ある安定なプロセスに対して、比例ゲイン 10 の比例制御を適用したところ、大きさ 1 の設定値変更に対してオフセット（定常偏差）が 0.1 となった。このプロセスの定常ゲインを求めよ。
8. スミス補償器を利用するのはどのような場合か。説明せよ。
9. カスケード制御を利用するのはどのような場合か。説明せよ。

以上