

2010 年度 プロセス制御工学試験

【問題 1】

ある冷却ジャケット付き連続槽型反応器の反応温度制御を行いたい。以下の問いに答えよ。

1. 反応器内温度を制御変数，冷媒流量を操作変数として，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. 内部モデル制御 (IMC) を利用して，PID 制御器を設計する。導出した伝達関数モデルのむだ時間を無視し，一次の IMC フィルタ

$$F(s) = \frac{1}{\lambda s + 1}$$

を用いる場合について，比例ゲイン，積分時間，微分時間を求めよ。

3. $\lambda = 10$ と設定した制御系について，開ループ伝達関数のボード線図を描いたところ，図 2 を得た。ゲイン余裕および位相余裕を求めよ。
4. λ を調整してゲイン余裕を 15dB にしたい。調整後の λ の値を求めよ。
5. 設計した制御系では十分に満足の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，冷媒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，ジャケット内温度測定値を利用して，カスケード制御系を構築する。このカスケード制御系のブロック線図を図示せよ。ただし，一次側 (外側) 制御ループのコントローラを $C_1(s)$ ，プロセスを $P_1(s)$ ，二次側 (内側) 制御ループのコントローラを $C_2(s)$ ，プロセスを $P_2(s)$ で表す。ブロック線図内の各信号の名称 (ジャケット内温度など) も明記すること。
6. このカスケード制御系について，反応温度の設定値から偏差までの閉ループ伝達関数を求めよ。
7. このカスケード制御系について， $P_1(s)$ と $P_2(s)$ が共に一次遅れ + むだ時間系で近似できるとする。 $C_1(s)$ を PI 制御， $C_2(s)$ を P 制御とすると，オフセットは残るか。理由と共に答えよ。
8. 伝達関数の極と安定性の関係について説明せよ。
9. スミス補償器について説明せよ。
10. I-PD 制御について説明せよ。

【問題 2】

1. プロセス制御工学の講義について，評価できる点と改善すべき点を述べよ。
2. プロセス制御工学に対する自分自身の取り組みを自己評価せよ。

以上

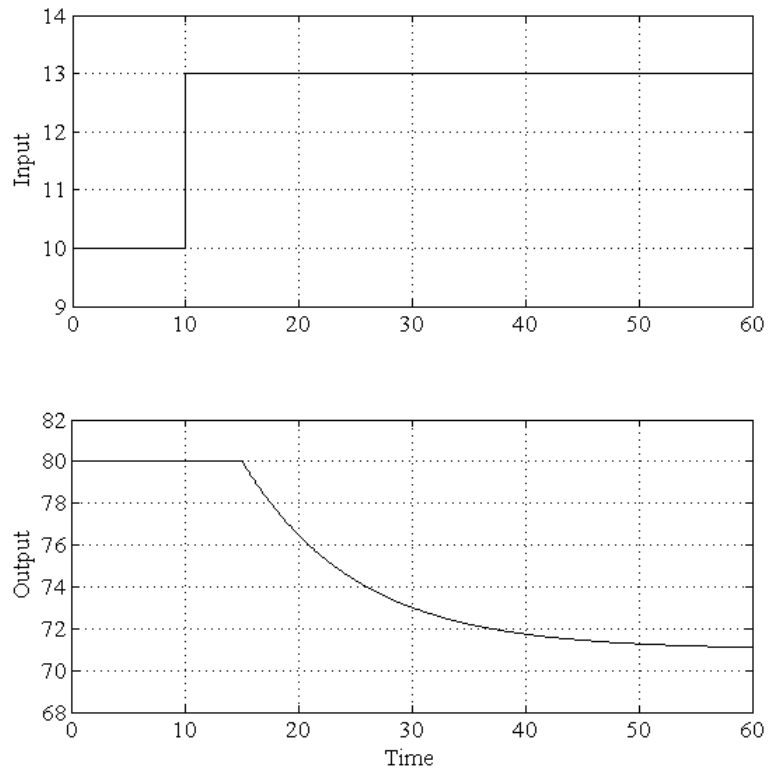


図1 ステップ応答実験結果

ボード線図

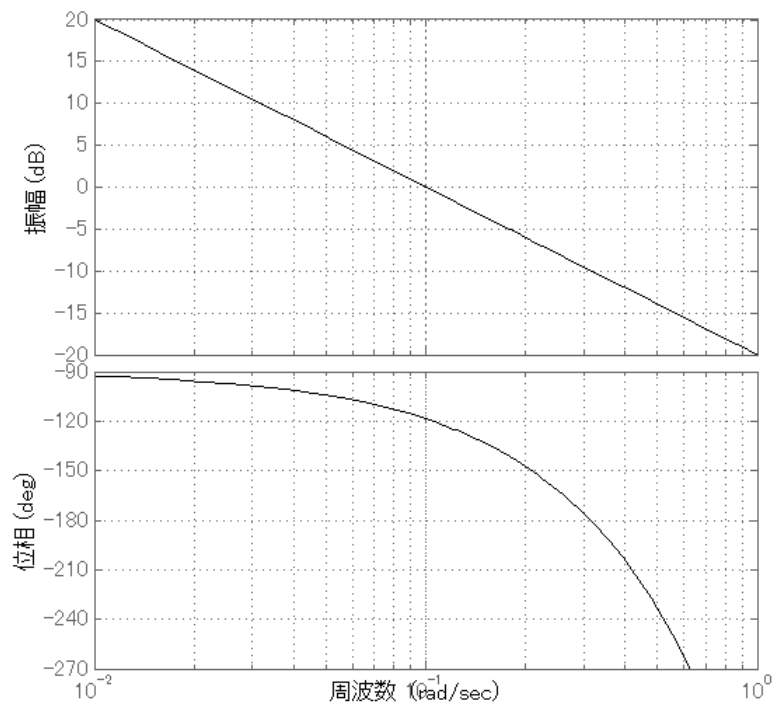


図2 開ループ伝達関数のボード線図