

い [2] . さらにタンクシステムの水位制御の場合 , 実測によると平均 1.2[rad/s] の周波数で揺動している . 微分を効かせるとき , 0.12[rad/s] 以下でフィルタを働かせなければならない . 一方 , システムは 1 次遅れであり時定数の折れ点周波数は 0.06[rad/s] である為 , フィルタを働かせると微分と相殺してしまう . またフィルタがないとノイズを大きくしてしまう .

4 制御設計

4.1 1 自由度 PI 制御

まずは極配置法を用い , 1 自由度 PI 制御の C_1 を決めると下式となる .

$$C_1(s) = k_{p1} + \frac{k_{i1}}{s} = 0.6317 + \frac{0.0940}{s} \quad (4)$$

4.2 ステップ入力に対する目標値応答型の 2 自由度 PI 制御

4.2.1 外乱応答型 PI 制御

次に外乱を抑制し , 立ち上がりを早くするように極配置を行い , 外乱応答型 PI 制御の C_1 を設計する .

$$C_1(s) = k_{p1} + \frac{k_{i1}}{s} = 1.1018 + \frac{0.2116}{s} \quad (5)$$

4.2.2 ステップ入力に対する目標値応答

ステップ入力を考慮してフィードフォワード型の C_2 を求める . PID という枠内で考えることにすれば

$$C_2(s) = -k_{p1}\{\alpha + \beta T_d D(s)\} \quad (6)$$

と用いるのが自然である [1] . また PI 制御であるため

$$C_2(s) = -\alpha k_{p1} = k_{p2} \quad (7)$$

となる . (5) 式で外乱応答型に極配置法で設計しているため , そのオーバーシュートを抑えるように 2 自由度パラメータである α を

$$\alpha = 0.63 \quad (8)$$

とすると下式となる .

$$C_2(s) = -\alpha k_{p1} = k_{p2} = -0.694134 \quad (9)$$

4.3 定常偏差改善型の 2 自由度 PI 制御

零点配置法に基づいて定常偏差を改善する . 目標値 $R(s)$ から , 制御量 $Y(s)$ への伝達関数を

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}{s^{n+1} + a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_2 s^2 + a_1 s + a_0} \quad (10)$$

のように分子 3 つの項の係数と , 分母の最後の 3 つの項の係数が同じになるように零点を配置する . するとステップ , ランプ , 加速度入力に対する応答の定常偏差を 0 にする .

ステップ , ランプ入力に対する目標値応答の定常偏差をなくすように零点配置法を用い , フィードフォワード型の C_2 を設計する . C_1 は (5) 式と同一とする . 外乱応答を変えずに目標値応答を望ましい値にすることが可能である .

$$C_2(s) = k_{p2} = 0.308603667 \quad (11)$$

5 シミュレーション・実験

図 3 は外乱応答の結果である . 2 自由度 PI 制御では整定時間が短くなっている . 図 4 はステップ入力による目標値応答の結果である . 2 自由度制御によって整定時間が短縮され , オーバーシュート量も減少した . 図 5 はランプ入力による目標値応答の結果である . 1 自由度ではオフセットが残っていたが , 2 自由度制御によって定常偏差が改善された .

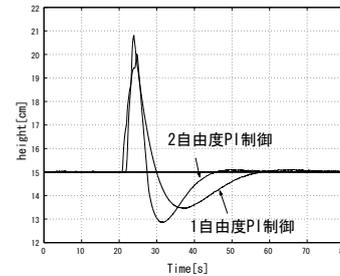


図 3 外乱応答

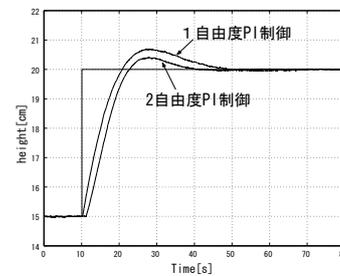


図 4 ステップ応答

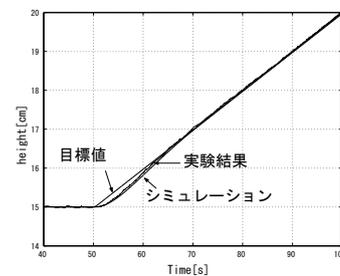


図 5 ランプ応答

6 研究の成果

本研究の成果は以下の 2 点である .

- 2 自由度 PI 制御の有効性をステップ応答 , ランプ応答の 2 つの視点から確認することができた .
- 実機での検証を行った .

参考文献

- [1] 須田信英 : PID 制御 , 朝倉書店 (1992).
- [2] 古谷 , 荒木 : 閉ループ周波数応答のオンライン同定と 2 自由度 PID 制御系の自動調整法 , システム制御情報学会論文誌 , Vol.11, No.1, pp.41-49(1998).