

プロセスシステム

【問1】以下の文章を読み、設問に答えよ。

図1のスチームを加熱源とする断面積 A [m²]の攪拌加熱槽を考える。槽内は十分に攪拌されており、槽からの流出液の温度 T [K]は槽内の温度と等しいものとする。いま、槽への流入液の温度を T_i [K]、流入液の流量を F_i [m³/s]、流出液の流量を F [m³/s]、液面高さを h [m]、スチームから槽への加熱量を Q [W]とすると、攪拌加熱槽の物質収支、熱収支はそれぞれ式(1), (2)で与えられる。ただし、液体の密度 ρ [kg/m³]、比熱 C_p [J/(kg·K)]は一定とする。

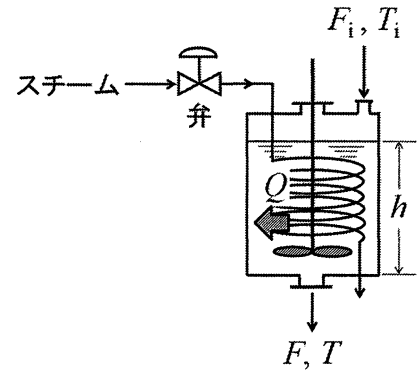


図1

$$A \frac{dh}{dt} = \boxed{\text{ア}} \quad (1)$$

$$Ah \frac{dT}{dt} = F_i(T_i - T) + \frac{Q}{\rho C_p} \quad (2)$$

ここで、流量は変化しない、すなわち $F_i = F$ および h は一定と仮定し、式(2)だけを考える。 T_i 、 Q および T の平衡（定常）値 T_{i0} 、 Q_0 および T_0 からの変化分をそれぞれ ΔT_i 、 ΔQ および ΔT とすると、次式の微分方程式が得られる。

$$\tau \frac{d\Delta T}{dt} = \boxed{\text{イ}} \quad (3)$$

ただし、 $\tau (= Ah/F)$ [s]は槽内の液滞在時間である。さらに、式(3)の両辺をラプラス変換すると次式が得られる。

$$\bar{T}(s) = \boxed{\text{ウ}} \bar{T}_i(s) + \boxed{\text{エ}} \bar{Q}(s) \quad (4)$$

ここで、 $\bar{T}_i(s)$ 、 $\bar{Q}(s)$ および $\bar{T}(s)$ は、 ΔT_i 、 ΔQ および ΔT をラプラス変換したものであり、 ΔT の初期値は0とした。

外乱により攪拌加熱槽への流入液温度 $\bar{T}_i(s)$ がどのように変化しても、また設定値 $\bar{T}_{st}(s)$ がどのように変化しても、槽内温度 $\bar{T}(s)$ が設定値 $\bar{T}_{st}(s)$ と等しくなるように制御するためには、式(4)に従い、加熱量 $\bar{Q}(s)$ を次式のように変化させればよい。

$$\bar{Q}(s) = \boxed{\text{オ}} \quad (5)$$

以上の制御構造を図2の点線の枠内に示した。外乱による流入液温度の変化に対しては、流入液温度を測定し、式(5)に従い、スチームの弁を開閉して加熱

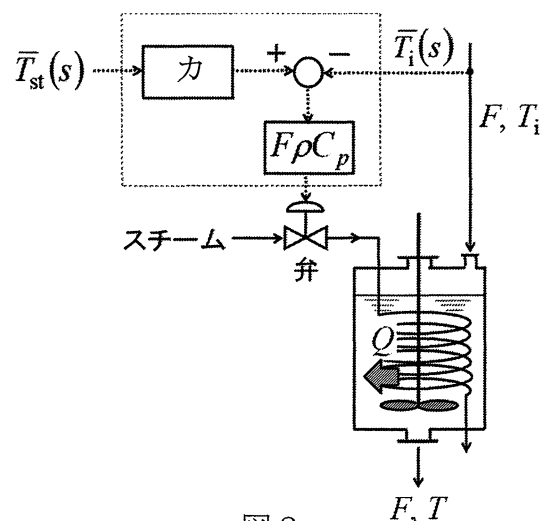


図2

量を変化させ、槽内温度を制御することになる。

- 1) 本文および図2中の空欄 ア ~ カ に当てはまる適切な文字式を答えよ。
- 2) 伝達関数が空欄 ウ のような形をしているとき、これを キ 系という。空欄 キ に当てはまる適切な語句を答えよ。

【問2】図3の比例調節計（比例ゲイン： $K_p > 0$ ）を用いたフィードバック制御系に関する以下の設問に答えよ。

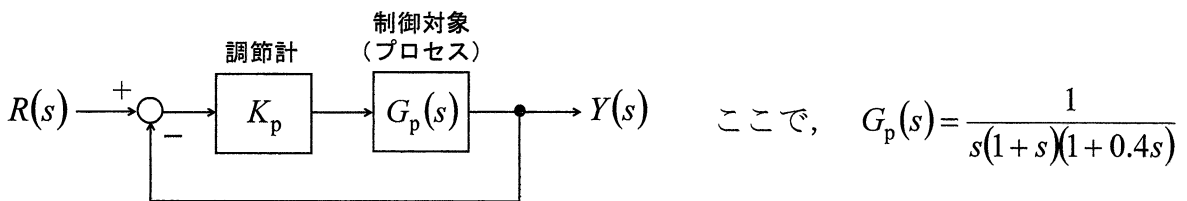


図3

- 1) この制御系の一巡伝達関数のゲインと位相差を求めよ。ただし、角周波数を ω とする。
- 2) この制御系が安定となる K_p の範囲を求めよ。
- 3) この制御系でステップ状設定値変更 ($0 \rightarrow 1$) を行ったときの定常偏差（オフセット）を求めよ。ただし、導出過程も示すこと。

【問3】原料AとBを指定された比率 K で混合する場合、図4に示すStream AとStream Bの流量比を K に保持する制御が必要になる。この目的を達成するために、図4中の使用計器等から必要なものを選択し、答案用紙に、枠で囲った制御系概略図を完成させよ。ただし、使用計器等は複数個使用してもよい。

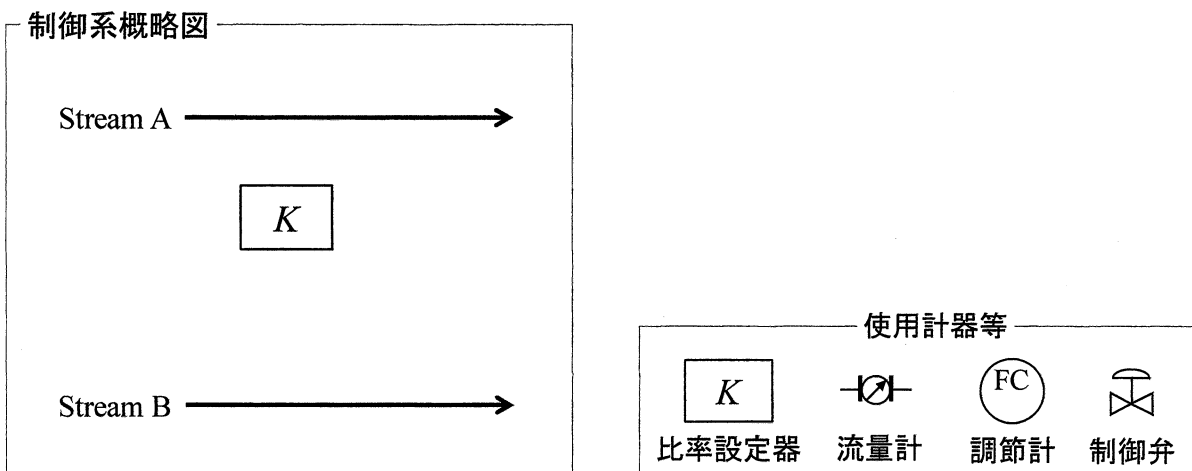


図4