

等 別：高等考試

類 科：化學工程技師

科 目：程序控制

考試時間：2小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

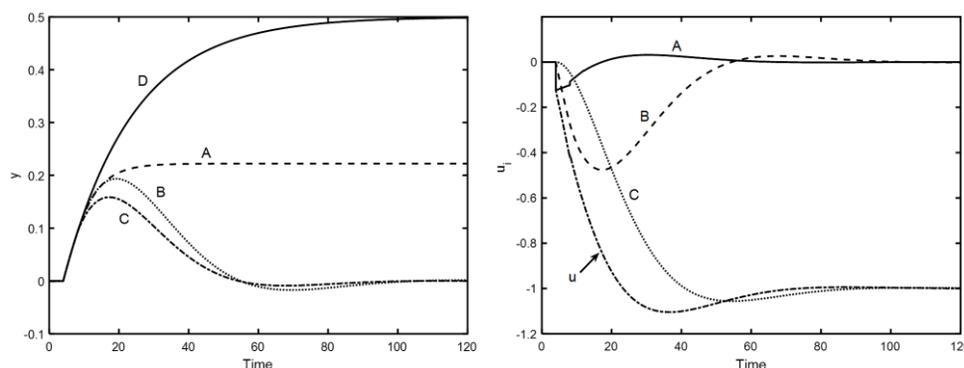
一、現有一程序針對擾動發生步階改變 (step change) 而設定點不變的情況，採用四種回饋 (feedback) 控制器設計：無控制 (open loop)、比例控制 (P control)、比例積分控制 (PI control)、比例積分微分控制 (PID control)。

(一)圖一顯示擾動發生後，四種控制設計各自產生之受控變數應答 (y response)。請指出四條應答曲線 (A、B、C、D) 分別對應之控制器設計，並說明其理由。(8分)

(二)PID 控制器之輸出 u 包含 P、I、D 三種模式 (modes)：

$$u(t) = u_p(t) + u_I(t) + u_D(t)$$

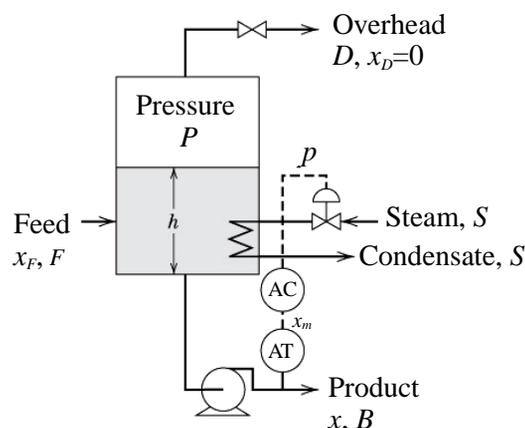
圖二顯示擾動發生後，PID 控制器三種模式隨時間變化之曲線 (A、B、C)。請指出三條曲線分別對應之控制模式 (u_p 、 u_I 、 u_D)，並說明其理由。(6分)



圖一

圖二

二、圖三顯示使用蒸汽加熱將蒸發器 (evaporator) 內之水蒸發，以濃縮進料流 (feed stream)，其回饋控制機制為調節蒸汽流率 (S) 來控制排出流之溶質質量分率 (x)。如果濃度傳感器 (AT) 為直接作用 (direct-acting)，控制閥為失效關 (fail-close)，則控制器 (AC) 應為直接作用還是反作用 (reverse-acting)？請詳述其理由。注意控制器之輸入誤差信號為設定值減受控變數量測值。(10分)



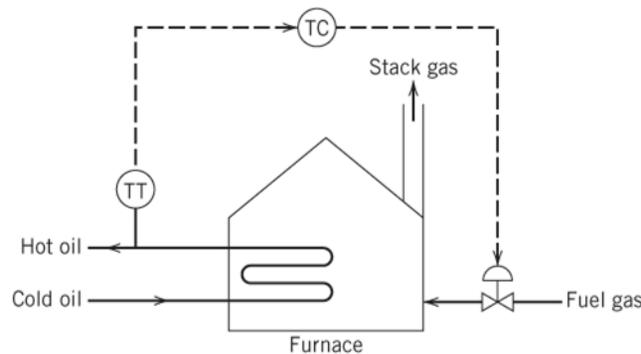
圖三

(請接第二頁)

等 別：高等考試
類 科：化學工程技師
科 目：程序控制

三、圖四為自然通風爐（natural draft furnace）溫度控制系統之示意圖，此傳統回饋控制在冷油（cold oil）流率或溫度發生擾動變化時，可透過調節燃料氣（fuel gas）流來維持熱油（hot oil）溫度接近設定點。但在特定擾動變化發生時，傳統回饋控制效果變差，須採用串級控制（cascade control）或加入前饋控制（feedforward control）來輔助原回饋控制器，但加入前饋控制不得影響原回饋控制系統之穩定性。

- (一)當冷油溫度發生較大擾動變化（可量測）導致控制不佳，應使用何種方式來改善？試述其理由，並以示意圖來說明所建議之控制架構。(10分)
- (二)當燃料氣供應壓力發生擾動變化（無量測，但輸往火爐之燃料氣壓力可量測）導致控制不佳時，應使用何種方式來改善？試述其理由，並以示意圖來說明所建議之控制架構。(10分)



圖四

四、考慮轉移函數（transfer function）

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{20(1-4s)e^{-2s}}{32s^2 + 24s + 4}$$

- (一)什麼是 $G(s)$ 之穩態增益 (steady-state gain)？時間延遲 (time delay)？時間常數 (time constant)？極點 (poles)？零點 (zero)？(7分)
- (二) $G(s)$ 之步階應答是否為逆應答 (inverse response)？是否有振動 (oscillations)？試述其理由。(4分)
- (三)當輸入 $U(s) = 1/s$ ，試推導輸出 $y(t)$ 之時域 (time domain) 表示式。已知 $t = 3.62$ 時， $y(t)$ 出現最小值，其值為何？(9分)

106年專門職業及技術人員高等考試
 建築師、技師、第二次食品技師考試暨
 普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題
 等 別：高等考試
 類 科：化學工程技師
 科 目：程序控制

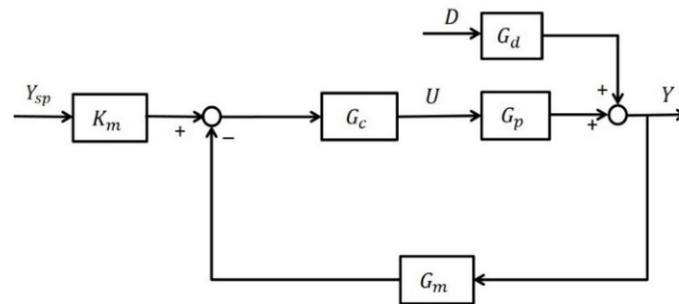
代號：01560

全三頁
 第三頁

五、圖五之方塊圖為一比例積分 (PI) 控制環路，其中各元件之轉移函數為：

$$G_p = \frac{5}{(10s+1)^2}, G_d = G_p, G_m = K_m = 1, G_c = K_c(1+1/\tau_I s),$$

- (一) 假設 $\tau_I \rightarrow \infty$ ，寫出閉環路 (closed-loop) 轉移函數 Y/Y_{sp} 和 Y/D 。(6分)
 (二) 當比例控制器之 $K_c = 1$ 且擾動 D 發生單位步階改變 ($Y_{sp} = 0$) 時，計算閉環路輸出之穩態偏移 (steady-state offset)。(4分)
 (三) 當 $\tau_I = 3$ ，寫出閉環路之特徵方程式 (characteristic equation)，並計算 K_c 範圍以使得 PI 控制環路保持穩定 (stable)。(10分)



圖五

六、圖五之方塊圖代表一回饋控制環路，其中各元件之轉移函數為：

$$G_p = \frac{2.5}{(5s+1)(0.8s+1)}, G_m = \frac{1}{0.2s+1}, K_m = 1, G_c = K_c$$

- (一) 試計算比例控制系統之極限增益 (ultimate gain) K_{cu} 和極限週期 (ultimate period) P_u 。(10分)
 (二) 利用 1/4 衰退比準則 ($K_c = K_{cu}/1.7, \tau_I = P_u/2, \tau_D = P_u/8$) 來決定 PID 控制器參數。(6分)