

110年專門職業及技術人員高等考試建築師、
24類科技師(含第二次食品技師)、大地工程技師
考試分階段考試(第二階段考試)、公共衛生師
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：冷凍空調工程技師
科 目：冷凍空調自動控制
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、請回答下列問題：(25 分)

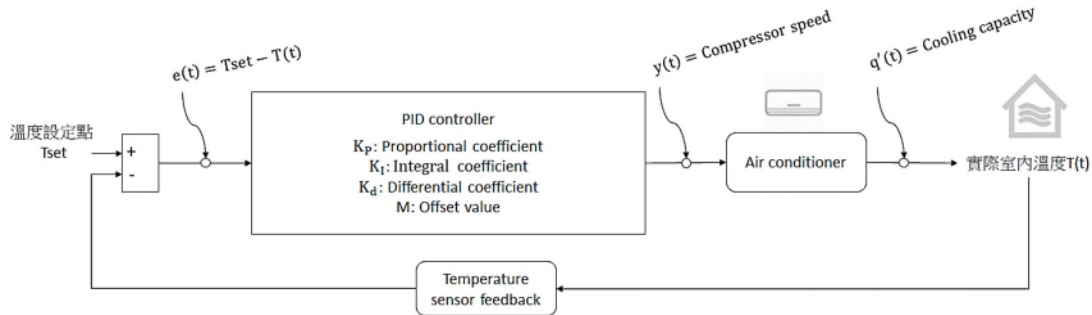
(一)吾人經常使用轉移函數 (Transfer function)，對需要控制的動態系統 (Dynamic system) 建立模型，進行控制器設計。請詳述如何透過拉氏轉換 (Laplace transform) 對動態系統進行建模，另詳述須符合那四項要件的動態系統，才能夠有效建立轉移函數模型。

(二)若有一冷凍空調系統，其動態方程式為 $q'(t) = mC_v \frac{dT(t)}{dt} + \frac{T(t) - T_\infty}{R_{th}}$ ，其中 $q'(t)$ 為冷凍空調裝置在空間中取走或加入的熱量，若取走為負(-)值，加入則為正(+)值； mC_v 為空間中質量乘上其等容 (Constant Volume) 比熱； $T(t)$ 為冷凍空調空間中隨時間(t)動態改變之溫度； T_∞ 則為冷凍空調空間以外的環境溫度，在此可視為常數； R_{th} 則為冷凍空調空間內外的熱阻值 (Thermal resistance)，在此可視為常數。在初始條件為零情況下，若可以建立模型，請以 s 複變數寫出轉移函數模型，若不能建立模型，請說明其原因。

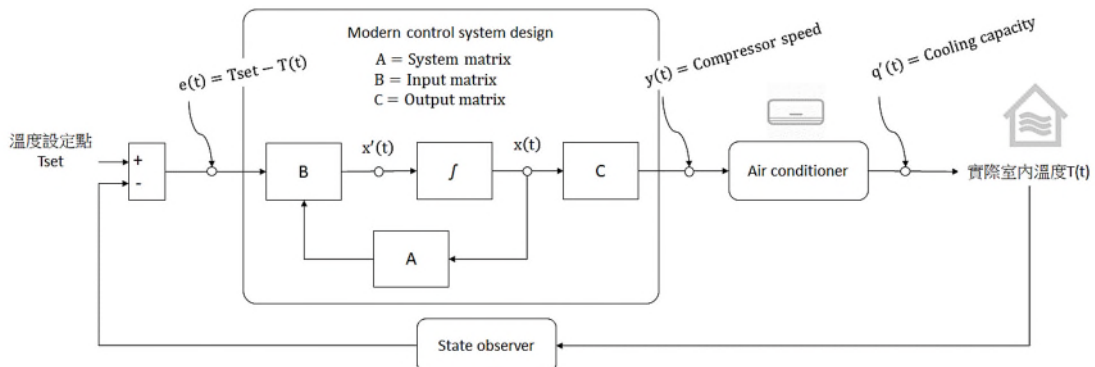
(三)若另有一冷凍空調系統，其動態方程式為 $q'(t) = mC_v \frac{dT(t)}{dt} + \frac{T(t) - T_\infty}{R_{th}(t)}$ ，其中多項變數定義均與前小題相同，唯一差別是該系統因為人為因素，經常開啟與關閉冷凍空調系統庫門，造成空間內外熱阻值隨時間而變，因此表示為 $R_{th}(t)$ 。在初始條件為零情況下，若可以建立模型，請以 s 複變數寫出轉移函數模型。若不能建立模型，請說明其原因。

二、請回答下列問題：(25 分)

- (一)有一變頻空調系統 (Air conditioner) 配置比例-積分-微分控制器 (PID controller)，透過控制壓縮機轉速 (Compressor speed)，調整室內空調製冷能力 (Cooling capacity)，如下圖所示。請寫出該控制器如何利用控制誤差 $e(t)$ ，寫出控制壓縮機轉速的數學方程式。



- (二)該變頻空調系統進行智慧化改善，改以近代控制 (Modern control) 理論重新設計控制器架構，如下圖所示。請寫出該控制器如何利用控制誤差 $e(t)$ ，寫出控制壓縮機轉速的狀態方程式。

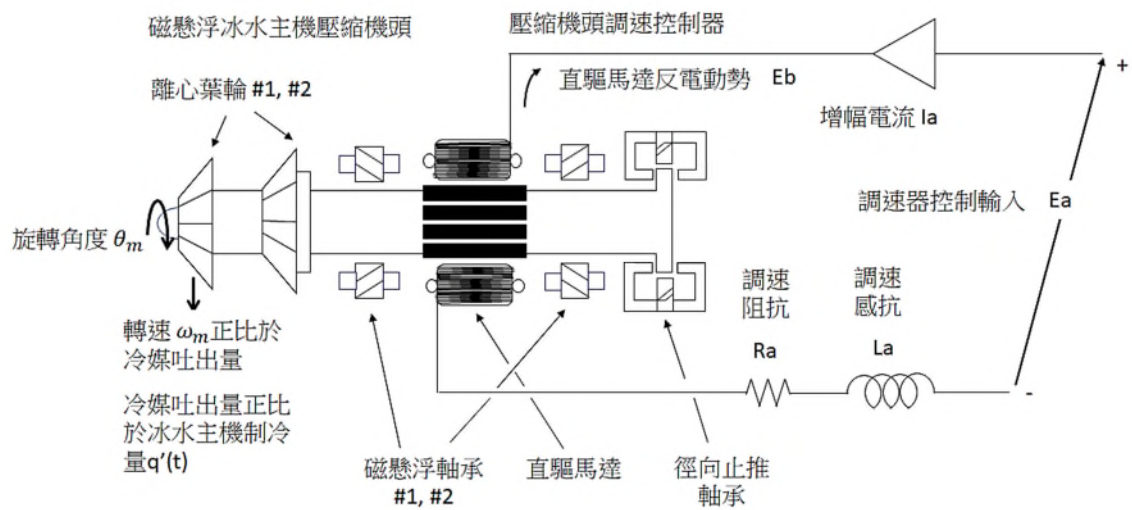


- (三)對於空調機智慧化，引入更多感測裝置，例如智慧眼 (Smart eye) 或是空氣品質感測器 (IAQ sensor)。採用近代控制理論設計的控制系統架構，與傳統比例-積分-微分控制器的主要差異為何？請詳述。

三、有一控制系統之轉移函數 (Transfer function) 為 $\frac{1}{s^2-3s+2}$ ，請回答下列問題：(25 分)

- (一)判斷這個控制系統是否穩定，並說明判斷依據為何。
- (二)判斷這個系統是否具備可控制性，並說明其判斷依據為何。
- (三)請說明古典控制理論判斷穩定度與近代控制理論判斷可控性之差異為何。

四、一離心式磁懸浮冰水主機壓縮機機頭，其直驅馬達轉速控制可以下圖模擬之。(25 分)



圖上變數：

E_a 定義為控制輸入電壓（單位為 V）； I_a 定義為驅動增幅電流（單位為 A）； R_a 定義為調速阻抗（單位為 Ω ）； L_a 定義為調速感抗（單位為 H）； E_b 定義為直驅馬達反電動勢（單位為 V）； θ_m 定義為調速控制產生之旋轉位移（單位為 Rad）； ω_m 則是微分旋轉位移產生轉速（單位為 Rad/s）。在此，壓縮冷媒吐出量正比於離心葉輪轉速，冰機製冷能力又正比於此轉速，正比常數為 R_c （單位為 $RT \cdot s/kg$ ）。

又假設直驅馬達轉矩為 T_m （單位為 $nt \cdot m$ ），直驅馬達永磁磁鐵產生氣隙磁通量為 Φ （單位為 Wb），轉矩與電流以及氣隙磁通成正比，比例常數為 K （ $nt/A/Wb$ ），直驅馬達產生反電動勢，比例常數則為 K_b （單位為 $V \cdot s/Rad$ ）。

磁懸浮冰水主機與傳統冰水主機最大不同，即為配置軸向磁懸浮軸承，如圖上所示，在此假定運轉時無嚴重徑向力，徑向止推軸承的黏滯摩擦可以忽略不計，僅需計算馬達軸上負載的等效黏滯摩擦係數 B_m （單位為 $nt \cdot m \cdot s/Rad$ ），而此時，轉動離心葉輪進行冷媒壓縮的轉動慣量為 J_m （單位為 $kg \cdot m^2$ ）。

(一)利用以上變數，推導調速控制輸入 E_a 對應於磁懸浮冰水主機製冷能力 $q'(t)$ 的狀態方程式。

(二)磁懸浮軸承可以將黏滯係數降至極低，為傳統軸承的 1/100，請說明磁懸浮冰水主機是如何利用磁懸浮軸承來改善冰水主機控制特性。