

114年專門職業及技術人員高等考試建築師、
25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）
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)本科目得以本國文字或英文作答。

一、拉氏轉換（Laplace transform）的定義如下式

$$L[f(t)] = \int_0^{\infty} f(t) \cdot e^{-st} dt$$

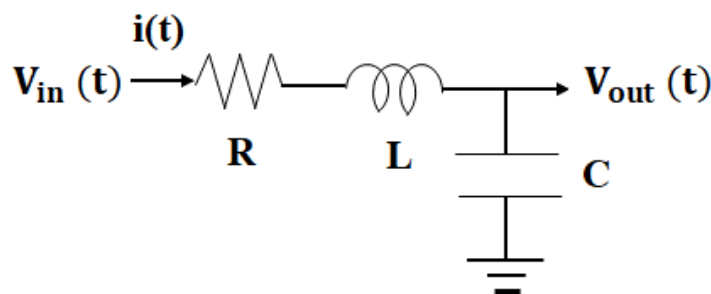
上式中 t 代表時間， $f(t)$ 則為時間的函數

(一)說明 $f(t)$ 應滿足那兩項條件，才能用上式進行轉換。（每項條件 3 分，共 6 分）

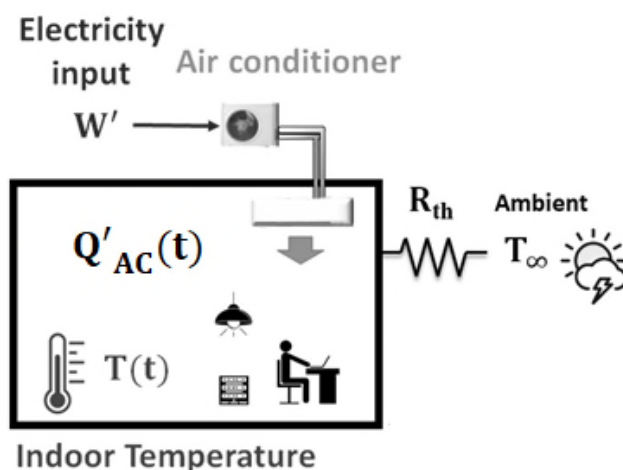
(二)上式中 s 代表一複變數（Complex number），利用拉氏轉換可將一系統從時域函數轉換成複變域，說明欲控制之系統應滿足那四項條件，才能將系統時域方程式利用拉氏轉換成複變方程式後，來進行穩定度分析。（每項條件 3 分，共 12 分）

(三)將複變數 $s = \sigma + i\omega$ 表示之，試繪製 s 平面，並對應前述複變方程式之穩定度分析，說明如何在 s 平面上決定系統是穩定或者是不穩定。（2 分）

二、(一)利用 Kirchhoff's law 分析下面電路圖，使用變動輸入電壓 $V_{in}(t)$ （單位 V）、電路電流 $i(t)$ （單位 A）、電阻標稱值 R （單位 Ω ）、電感值 L （單位 H）、電容值 C （單位 F）以及輸出電壓 $V_{out}(t)$ （單位 V），推導 $V_{in}(t)$ 與 $V_{out}(t)$ 之間關係的時域方程式。（4 分）



- (二)利用 Navier-Stokers' equations 以及熱阻分析法分析下圖顯示之空調環境空間，使用分離式冷氣（Air conditioner）輸入電功 W' （單位 W ）、輸入或移除熱量 $Q'(t)$ （單位 W ），室內含家具與人員之熱質量 mC （單位 $J/^\circ C$ ）、室內溫度隨時間改變為 $T(t)$ （單位 $^\circ C$ ）、室外溫度假設不隨時間而變均為 T_∞ （單位 $^\circ C$ ）以及室內外之間熱阻值 R_{th} （單位 $^\circ C/W$ ），推導 $Q'(t)$ 與 $T(t)$ 之間關係的時域方程式並定義環境中空調機的能源效率 EER（Energy Efficiency Ratio）值。（6 分）

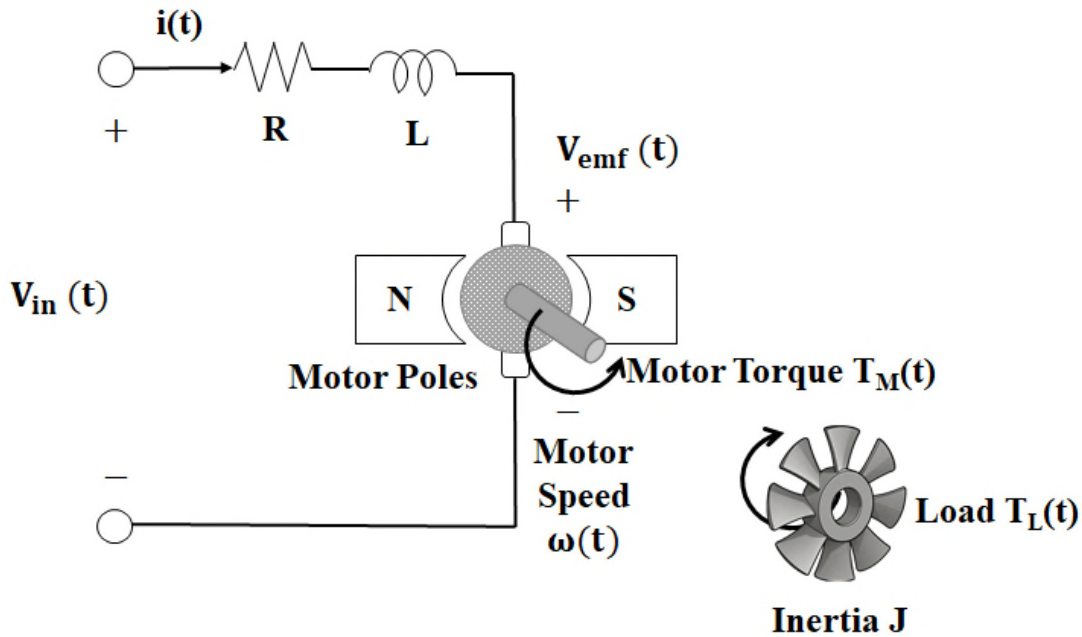


- (三)將前述時域方程式利用拉氏轉換後，分別求取 $\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)}$ 以及 $\frac{T(s)}{Q'_{AC}(s)}$ 的複變域轉移函數（Transfer function），並基於這兩個轉移函數，說明若欲以回授控制方式控制輸出電壓穩定以及空調環境溫度穩定，兩者控制系統的主要差異為何？（10 分）

三、近年來人工智慧（Artificial Intelligence, AI）蓬勃發展，對於資訊機房的需求，特別是用於冷卻機房的能源需求大增，亟需尋求節能解方。目前，自然冷卻（Cooling）被視為解決方案之一，說明此方案控制設計的要點、應用形式與運作原理。（20 分）

- 四、(一)變頻驅動冰水泵使用變頻驅動器（Variable Frequency Driver, VFD）進行節能控制時，若運轉頻率由滿載（60 Hz）調降到 48.5 Hz 狀況下，水泵的流量會由原本 76.47 LPM 下降到多少 LPM？（10 分）
- (二)若一節能改善業者宣稱在前述頻率調降條件下，冰水側溫差從 $3.35^\circ C$ 拉升到 $4.09^\circ C$ ，整體冰水系統節能比例可達大於 47% 以上，請論述此節能量是否高估，若認為並未高估，請說明原因，若認為高估，則請重新估算並給出合理的節能 % 數。（10 分）

五、一直流無刷馬達用於空調箱風扇驅動，其等效電路圖如下所示：



如圖系統之物理特性方程式（Governing equations），可以用下列四式來說明：

$$\begin{aligned} V_{in}(t) &= L \frac{di(t)}{dt} + R \cdot i(t) + V_{emf}(t) \\ V_{emf}(t) &= K_b \cdot \omega(t) \\ T_M(t) &= K_t \cdot i(t) \\ T_M(t) &= J \frac{d\omega(t)}{dt} + D \cdot \omega(t) + T_L(t) \end{aligned}$$

上式中， $V_{in}(t)$ 為控制之輸入電壓； $i(t)$ 為電流； L 是電路電感，為一常數定值； R 是電路電阻，亦為一常數定值； $V_{emf}(t)$ 是跨越馬達兩端的驅動電動勢（電壓）； K_b 是抗電動勢常數； $\omega(t)$ 是馬達轉速； $T_M(t)$ 是馬達輸出扭矩； K_t 是馬達轉矩常數； J 是馬達旋轉慣量； D 是馬達旋轉摩擦係數而 $T_L(t)$ 則為實質負載(風扇輸出)扭矩。試利用拉氏轉換分析以上方程式，求取 $\frac{\omega(s)}{V_{in}(s)}$ 之轉移方程式。(20分)