

等 別：三等考試
類 科：機械工程
科 目：自動控制
考試時間：2 小時

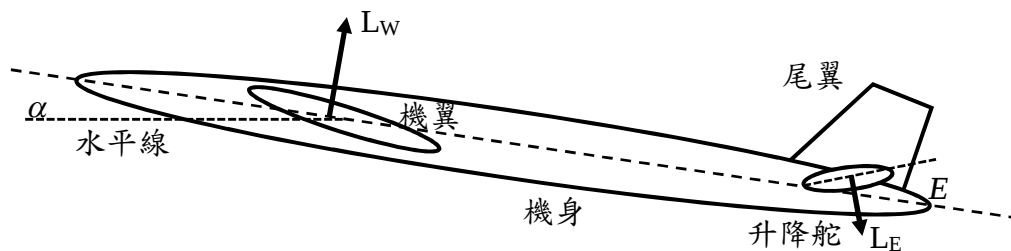
座號：_____

※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、飛機的爬升一般是由機翼（wing）與升降舵（elevator）所分別產生的力 L_W 與 L_E 所造成的。而除了產生高度的變化以外，同時亦會使得飛機攻角（angle of attack） α 隨之改變。假設升降舵與機身的夾角為 E ，且在兩個角度 α 與 E 都很小的狀況下，可透過線性化將飛機的高度與攻角動態模式簡化成：



$$\ddot{h} = k_1\alpha - k_2(E - \alpha)$$

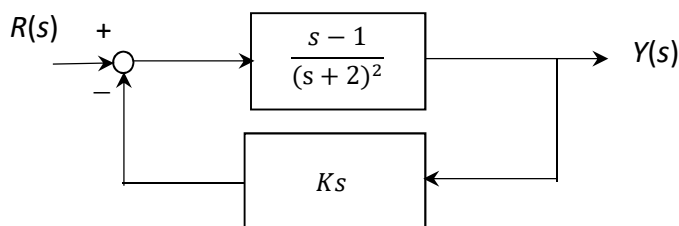
$$\ddot{\alpha} = k_3(E - \alpha) - k_4\dot{\alpha}$$

上式中，所有系統參數 k_1 、 k_2 、 k_3 與 k_4 均為正實數。

(一)推導出輸出為攻角 α 與輸入為 E 以及輸出為高度 h 與輸入為 E 之轉移函數（transfer function）。(15 分)

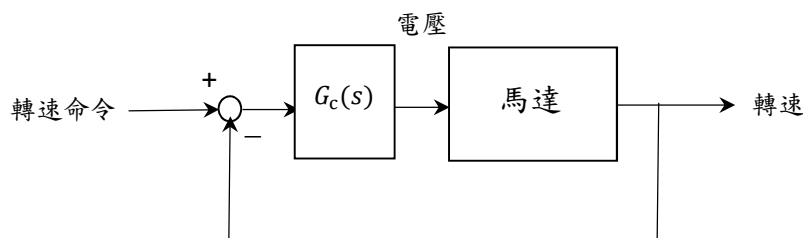
(二)假設升降舵與機身的夾角 E 給定一單位步階（unit step）函數，已知 $\alpha(0) = h(0) = 0$ ，求解 $\alpha(\infty)$ 、 $\ddot{h}(\infty)$ 與 $\ddot{h}(0)$ 。(15 分)

二、下圖為一閉迴路控制系統之方塊圖，其中 $R(s)$ 與 $Y(s)$ 分別表示輸入與輸出。



- (一)欲使此閉迴路控制系統穩定之 K 值範圍為何？（5 分）
- (二)假設 K 為一正實數，繪製此閉迴路控制系統之根軌跡圖（root locus plot），並標示出極點（pole）、零點（zero）、根軌跡與虛數軸交會之位置、根軌跡離開實數軸的位置（breakaway point）與進入實數軸的位置（re-entry point），以及各所對應之 K 值。（20 分）
- (三)欲使此二階系統的阻尼比（damping ratio）為 0.707 時， K 值該如何設計？且此設計的系統自然頻率（natural frequency）為何？（15 分）

三、考慮以下之單一回授馬達速度控制之方塊圖。其中馬達之轉移函數為 $\frac{30}{s+20}$ ，輸入為電壓，輸出為轉速。



- (一)給定控制器 $G_c(s)=1$ ，則此馬達速度控制系統的頻寬 ω_{BW} （單位為 rad/sec）為何？（10 分）
- (二)給定控制器 $G_c(s)=1$ ，轉速命令為一弦波（sinusoidal） $500\sin(\omega_{BW}t)$ ， t 表示時間（單位為 sec），則馬達穩態（steady-state）轉速應為何？（10 分）
- (三)給定控制器 $G_c(s)=K_p + \frac{K_I}{s}$ ，如欲使馬達控制系統對於單位斜坡（unit ramp）輸入之穩態誤差（steady-state error）為 $\frac{1}{30}$ ，且 2% 安定時間（settling time）為 0.2 秒。則此控制器該如何設計？（10 分）