

## 2017 非線性控制期末考試題

考試時間 2017.01.12 (星期四), AM 10:10-12:10, Closed-book test

1. (10%)解釋『輸入-狀態回授線性化』與『輸入-輸出回授線性化』二者有何不同?
2. (10%)對於非線性系統

$$\dot{x} = f(x) + g(x)u, \quad y = h(x) \quad (1)$$

如何定義外部動態(external dynamics)、內部動態(internal dynamics)和零動態(zero dynamics)?

3. 考慮如(1)式的非線性系統：
  - (a) (5%)求出 $\dot{y}$ 、 $\ddot{y}$ 、 $\ddot{\ddot{y}}$ ，將結果用函數 $f$ 、 $g$ 、 $h$ ，表示出來。
  - (b) (5%)如何利用上面的微分操作，決定此系統的相對階數(relative degree)?
  - (c) (5%)若假設系統的相對階數為3，則函數 $f$ 、 $g$ 、 $h$ 需要滿足何條件?
  - (d) (5%)續(c)，若系統階數是4階但相對階數為3，試表達出此系統的normal form，並指出何者為external dynamics?何者為internal dynamics?何者為zero dynamics?
4. (a) (10%)試以下列的非線性系統為例，說明逆向步進控制的設計步驟:

$$\dot{x} = f(x) + g(x)\xi, \quad \dot{\xi} = u \quad (2)$$

- (b) (10%)將以上的設計步驟應用到以下的非線性系統

$$\dot{x}_1 = -3x_1^2 / 2 - x_1^3 / 2 - x_2, \quad \dot{x}_2 = u \quad (3)$$

求出使得系統為漸近穩定的回授控制律 $u$ 。

5. (10%)考慮非線性系統

$$\dot{x} = f(x) + g(x)u \quad (4)$$

解釋如何設計控制律 $u$ 使得系統狀態 $x$ ，最後可以進入指定的滑動曲線 $S(x, t) = 0$ 。

6. (10%)最高等級的適應性控制有二種:(1)自我調整適應性控制(Self-tuning Adaptive Control)，(2)參考模式適應性控制(Model-Reference Adaptive Control)，比較這二種適應性控制的運作原理及組成架構。
7. 考慮非線性系統:

$$\dot{y} + a_p y + c_p \sin y = b_p u \quad (5)$$

現在要設計參考模式適應性控制 $u$ ，使得在系統參數未知的情況下，非線性系統的輸出能夠追蹤以下的線性參考模式： $\dot{y}_m + 4y_m = 4r$ 。

- (a) (10%)將控制訊號表成 $u = K_y y + K_f \sin y + K_r r$ ，並假設受控體參數 $a_p$ 、 $b_p$ 、 $c_p$ 為已知的情況下，求出控制律參數 $K_y^*$ 、 $K_f^*$ 、 $K_r^*$ ，使得 $r \rightarrow y$ 間的轉移函數與 $r \rightarrow y_m$ 間的轉移函數完全一致。
- (b) (10%)其次假設受控體參數 $a_p$ 、 $b_p$ 、 $c_p$ 為未知的情況下，推導出控制律參數的估測值 $\hat{K}_y$ 、 $\hat{K}_f$ 及 $\hat{K}_r$ 所要滿足的調變律，以保證追蹤誤差 $e = y(t) - y_m(t) \rightarrow 0$ 。