

實驗三：Fuzzy 控制器設計

姓名：

學號：

如下表格 2 所示為一直流馬達的規格參數，在前階段之實驗二中已經使用 PID 控制器來設計馬達控制器。在此份模擬實驗，請嘗試使用 MATLAB 之 *Fuzzy Logic Toolbox* 設計一 Fuzzy Controller 做為馬達控制器，如圖 1 所示範。

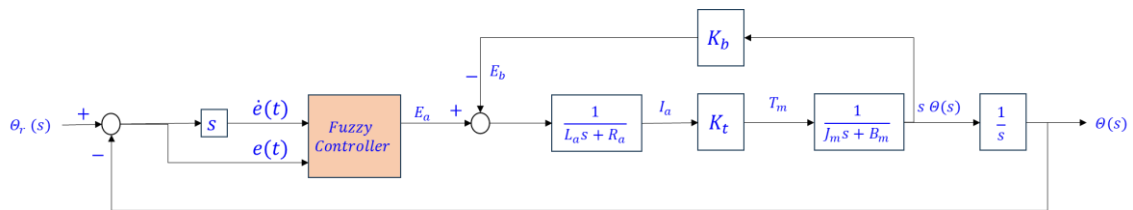


圖 1. 直流馬達模糊控制。

表格 1. 直流馬達規格

額定電壓	$V_n = 26 \text{ V}$
最大輸入電壓	$V_{max} = 52 \text{ V}$
轉動慣量 J_m	$0.03760 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
轉子摩擦力 B_m	$0.001 \text{ N}\cdot\text{m} \quad \text{rad/sec.}$
電樞電感 L_a	0.006 H
電樞內阻 R_a	$0.3 \, \Omega$
轉矩常數 K_t	0.246 Nm/ A
反電動勢常數 K_b	$0.0821 \text{ V/second/rad}$

1. 請設計如下圖 2 所示之 PD 控制形式之 Fuzzy Controller，控制器輸入分別為角度的追蹤誤差 $e(t)$ 與 $\dot{e}(t)$ ，控制器輸出為馬達的供電電壓 $u(t)$ ，並且以角度 θ_r 分別為 5° 與 30° 作為定位控制的目標。可參考以下步驟說明：

a. 定義追蹤誤差 $e(t)$ 與誤差的變化趨勢 $\dot{e}(t)$ 的模糊歸屬函數，其中 $e(t)$ 與 $\dot{e}(t)$ 的上下限可自行設計，而模糊的歸屬成員數量可自行嘗試，

例如： $e(t)$ 分成 {small, zero, large} 或 {very small, small, zero, large, very large} ...等不同數量的模糊集合。

b. 定義電壓 $u(t)$ 的輸出的模糊歸屬函數，其中輸出必須根據表格 1 中的最大電壓設計輸出限制。 $u(t)$ 的模糊集合也自行設計。

c. 設計作為角度追蹤控制的模糊規則，例如：

IF e is small, and \dot{e} is small, THEN u is

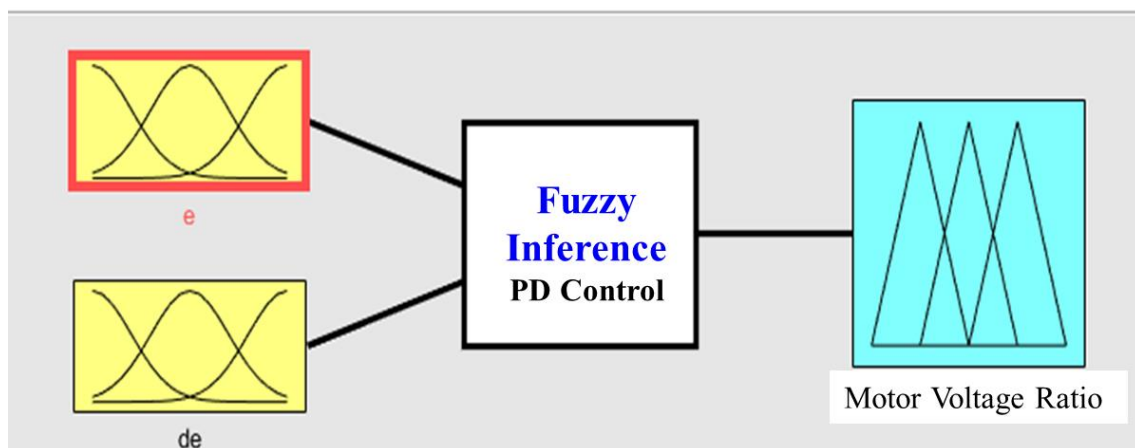


圖 2. PD 控制形式之 Fuzzy 控制器。

2. 請嘗試說明所設計的模糊規則之邏輯。
3. 請重覆前階段實驗二的 PID 控制器，設計一組 PD 控制器，並且與本實驗三設計的 Fuzzy 控制器進行性能的比較。首先觀察不同大小的角度控制目標 θ_r 兩控制器的輸出響應：穩態時的誤差大小、誤差的收斂速度、暫態響應的最大超越量 ... 等。
4. 接續上題，模擬馬達的負載有約+20% 的變化時，測試使用固定的 PID 控制

參數與使用 Fuzzy 控制器，並同樣以角度 θ_r 分別為 5° 與 30° 作為定位控制的目標時，比較兩者穩態與暫態時的輸出響應，可以將所觀察到的差異現象說明。 Hint: 模擬馬達的負載有約+20% 的變化，可直接將馬達的轉動慣量 J_m 放大 20%。

5. (加分題) 如同上題使用 Fuzzy 控制器進行馬達的定位控制，控制的性能除了關注角度的誤差追蹤之外，嘗試加入其他性能的關注使馬達的運轉更為平穩，例如：控制器的輸入包含當前馬達的加速度 $\ddot{\theta}$ 或是當前馬達的轉速 $\dot{\theta}$... 等，並說明設計的邏輯。