

== 實驗 11 ==

極零點與頻率響應

分析增加一個極點或零點對直流馬達位置控制系統的影響。量測其頻率響應與繪製波德圖，並以軟體 Matlab/Simulink 模擬與驗證。

§ 學習目標

1. 分析增加一個極點或零點於直流馬達位置控制系統。
2. 量測系統之頻率響應與繪製波德圖。
3. 以軟體 Matlab/Simulink 模擬與驗證。

§ 相關理論

直流馬達位置控制系統：

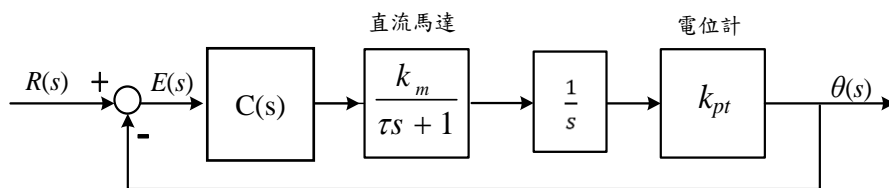


圖 11-1、直流馬達位置控制系統方塊圖

圖 11-1 為直流馬達位置控制系統方塊圖， $G(s) = \frac{b}{as+1}$ 或是 $\frac{bs+1}{a}$ ，($a>0$ 、 $b>0$)。令： $k_{\theta} = k_m k_{pt}$ 、 $k_{\theta}' = b k_{\theta}$ 。

增加極點、零點對頻率響應($s = j\omega$)的影響：

當增加左半平面的極點時：

$C(s) = \frac{b}{as+1} \rightarrow \frac{b}{1+\frac{j\omega}{\omega_0}}$ ，(設 $\omega_0 = 1/a$)根據直線近似法可得，頻率 ω_0 以下增益為 0dB 水平線，以上則是 -20dB 的斜線。 $10\omega_0$ 以上相位為 -90 度水平線，中間以 -45 度/十倍頻的斜線下降，如下圖 11-2：

當增加左半平面的零點時：

$C(s) = \frac{bs+1}{a} \rightarrow \frac{1}{ab} + \frac{j\omega}{\omega_0}$ (設 $\omega_0 = ab$) 根據直線近似法可得，頻率 ω_0 以下增益為 0dB 水平線，以上則是 +20dB 的斜線。 $10\omega_0$ 以上相位為 +90 度水平線，中間以 +45 度/十倍頻的斜線下降，如下圖 11-3：

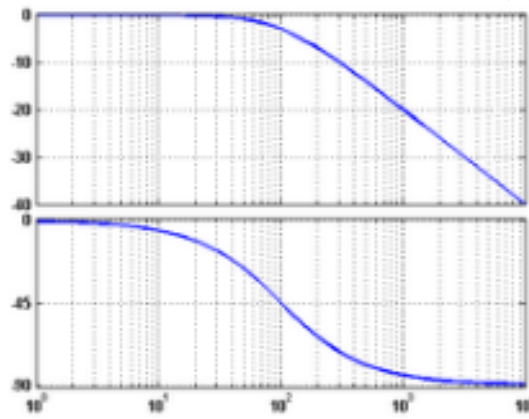


圖 11-2、增加極點的波德圖

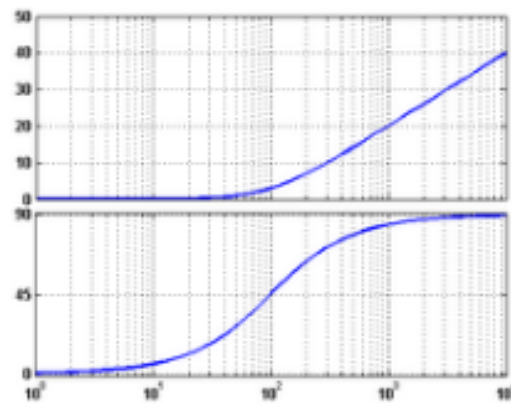


圖 11-3、增加零點的波德圖

波德圖繪製方法：

以正弦波為輸入信號，在某一特定頻率時，其輸入信號與輸出響應信號之關係如圖 11-4，可得：

增益為： $|G(j\omega_0)| = B/A$

相位為： $\angle G(j\omega_0) = \theta = -180^\circ \times \frac{T_2}{T_1}$ (此時單位是角度制[deg])

以同樣方法，改變正弦波輸入信號的頻率，可得另一組增益與相位，以此類推，如此取足夠頻率可畫出實際系統波德圖。

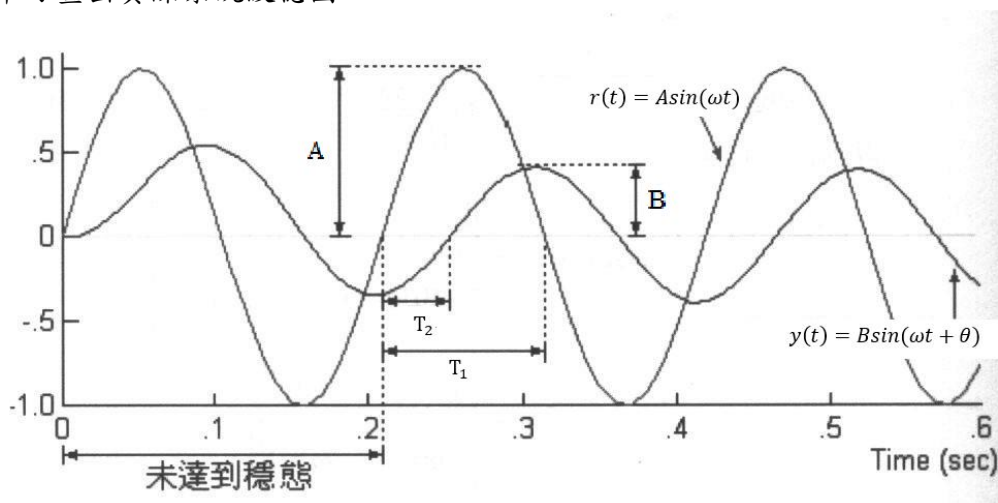


圖 11-4、正弦波輸入信號與輸出響應信號之關係圖

§ 實驗 11-1 【直流馬達位置控制系統頻率響應】

1. 步驟

- (1) 依圖 11-5 完成位置控制系統接線，並根據直流馬達位置控制系統方塊圖(11-1)，計算其轉移函數。

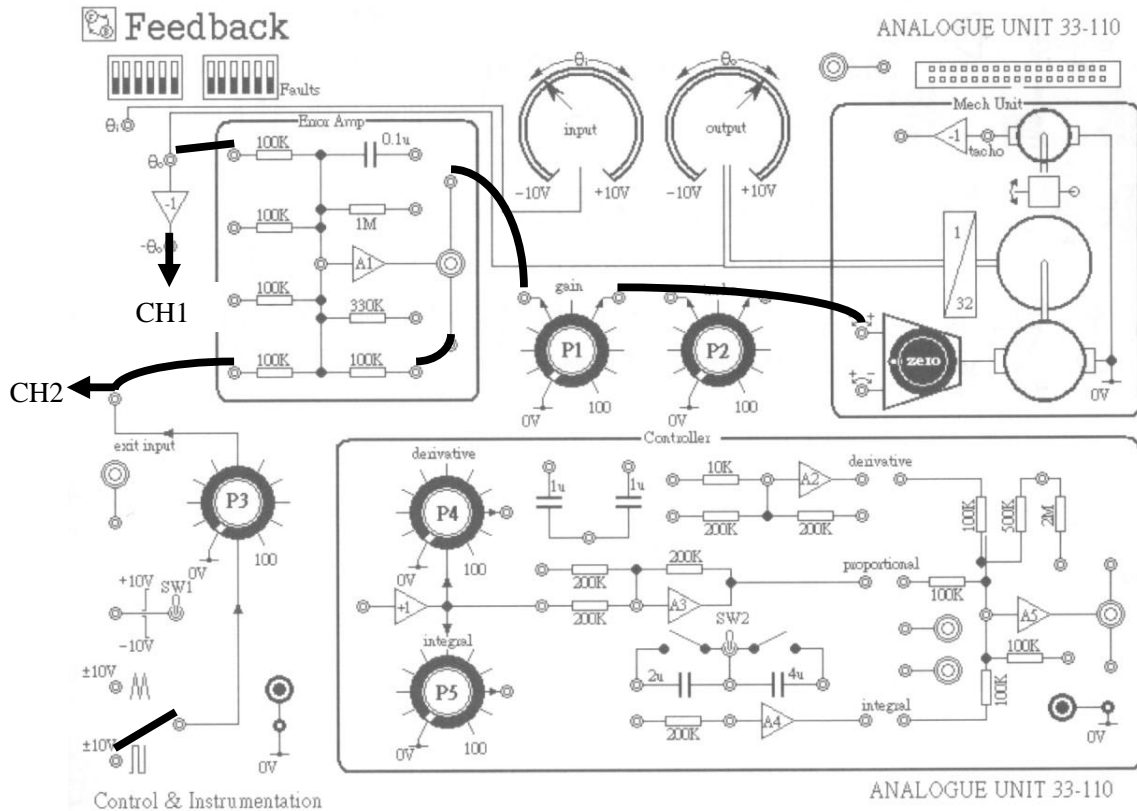


圖 11-5 直流馬達位置控制系統之接線圖(未加極點、零點)

- (2) 輸入信號為正弦波，正弦波之振幅可用 P3 衰減器調整至 ($\pm 5V$)，其頻率可由機構單元面板右下角的旋鈕及切換開關來控制。
- (3) 每次實驗先將開關 SW2 往下切(OFF)，將電容短路放電，達到初始值為零，然後將開關 SW2 往上切(ON)，使電容有積分作用。

2. 請完成

- (1) 輸入信號為正弦波 ($\pm 5V$)，P3 為 50%，觀察示波器顯示之響應波形，將相關數據記錄於表 11-1，再將數據繪製成波德圖，並標示出頻寬 BW (Bandwidth)。
- (2) 利用 Matlab 畫出波德圖，並標示出頻寬大小。

表 11-1、二階系統之增益與相位

[illegible]

§ 實驗 11-2 【位置控制系統頻率響應(極點)】

1. 步驟

- (1) 依圖 11-6 完成位置控制系統接線，並根據直流馬達位置控制系統方塊圖(11-1)，計算其轉移函數。

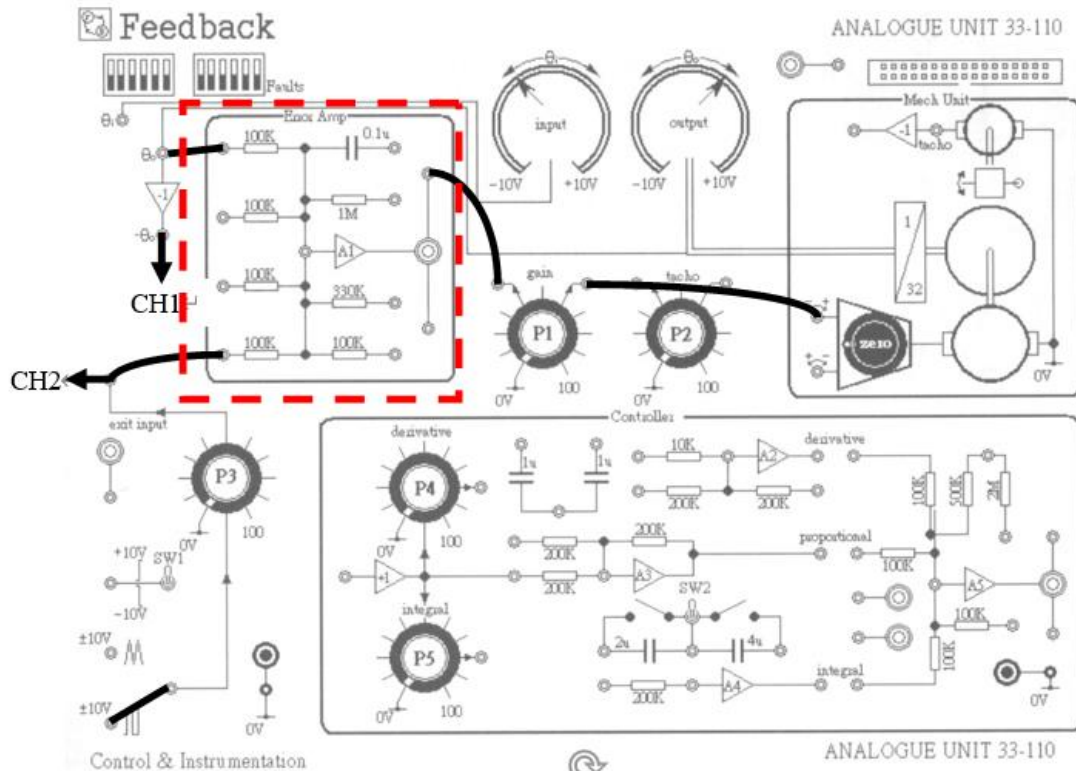


圖 11-6 直流馬達位置控制系統之接線圖(加入極點, $R_f = 100K$ 、 $C_f = 0.1\mu$)

- (2) 輸入信號為正弦波，正弦波之振幅可用 P3 衰減器調整至 ($\pm 5V$)，其頻率可由機構單元面板右下角的旋鈕及切換開關來控制。
- (3) 每次實驗先將開關 SW2 往下切(OFF)，將電容短路放電，達到初始值為零，然後將開關 SW2 往上切(ON)，使電容有積分作用。

2. 請完成

- (1) 輸入信號為正弦波 ($\pm 5V$)，P3 為 50%，觀察示波器顯示之響應波形，將相關數據記錄於表 11-2，再將數據繪製成波德圖，並標示出頻寬 BW (Bandwidth)。
- (2) 利用 Matlab 畫出波德圖，並標示出頻寬大小。

§ 實驗 11-3 【位置控制系統頻率響應(零點)】

1. 步驟

- (1) 依圖 11-7 完成位置控制系統接線，並根據直流馬達位置控制系統方塊圖(11-1)，計算其轉移函數。

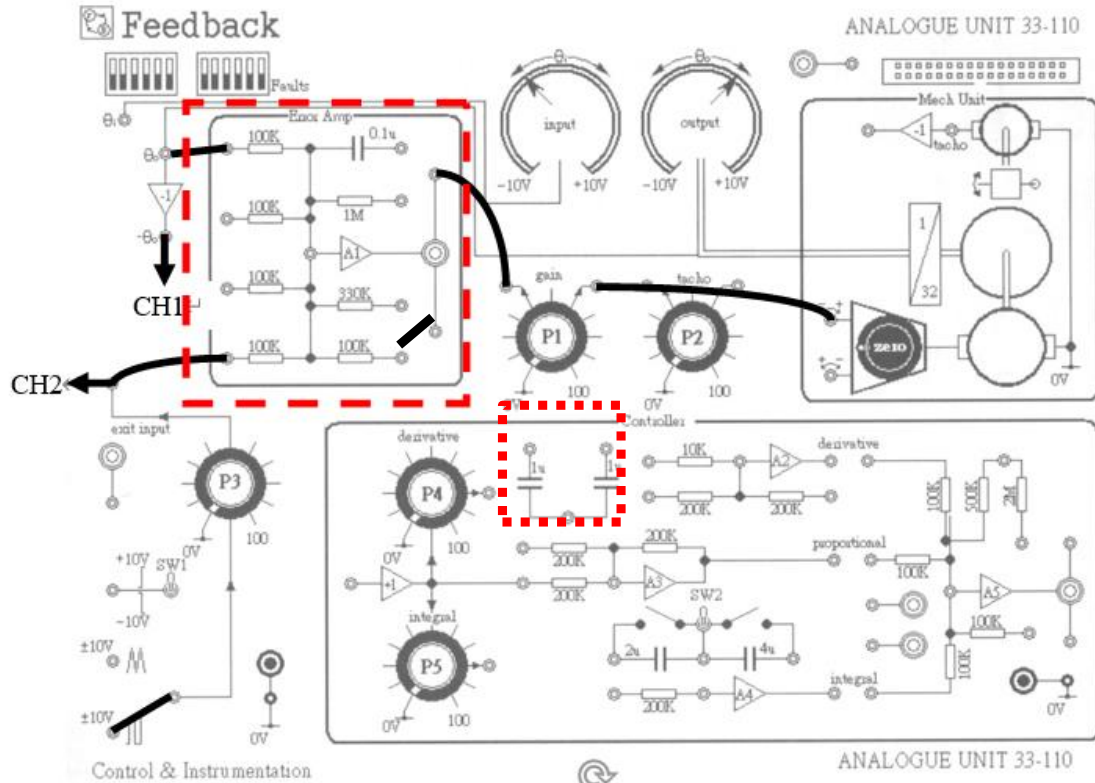


圖 11-7 直流馬達位置控制系統之接線圖(加入零點, $R_i = 100K$ 、 $C_i = 1\mu$)

- (2) 輸入信號為正弦波，正弦波之振幅可用 P3 衰減器調整至 ($\pm 5V$)，其頻率可由機構單元面板右下角的旋鈕及切換開關來控制。
- (3) 每次實驗先將開關 SW2 往下切(OFF)，將電容短路放電，達到初始值為零，然後將開關 SW2 往上切(ON)，使電容有積分作用。

2. 請完成

- (1) 輸入信號為正弦波 ($\pm 5V$)，P3 為 50%，觀察示波器顯示之響應波形，將相關數據記錄於表 11-3，再將數據繪製成波德圖，並標示出頻寬 BW (Bandwidth)。
- (2) 利用 Matlab 畫出波德圖，並標示出頻寬大小。

表 11-3、二階系統之增益與相位

頻率(f)	0.1Hz	0.2Hz	0.3Hz	0.35Hz	0.4Hz	0.45Hz	0.5Hz	0.6Hz	0.7Hz	0.8Hz	1Hz
$\omega = 2\pi f$ [rad/s]											
A [V]											
B [V]											
T_1 [sec]											
T_2 [sec]											
增益 $ G(j\omega) = \frac{B}{A}$											
增益(dB 值) $ G(j\omega) _{dB}$											
相位[deg] $-180^\circ T_2/T_1$											

ξ 問題討論

- 繳交實驗結果(含：填寫表格數值、繪製波德圖)。**[略]**
- 利用 Matlab 繪製未加極零點、加上極點、加上零點之頻率響應波德圖，並說明加上極點、加上零點對於波德圖而言有何影響？
- 參考實驗 9、10 改變極點、零點的位置(左、右移動極、零點)，對於波德圖有何影響？利用 Matlab 模擬其結果。