



# 產學合作成果發表

專案 / 研究主題

田口方法應用於直流無刷馬達 PID 控制

學校系所：創新技術學院 機械工程系

計畫主持人：王士榮 副教授

合作夥伴：凱林電機股份有限公司

計畫重點：現今實用的控制方式中 PID 控制約占了 90%。主要的魅力在於其實用性。其理論成熟度高也適合新的控制器開發。另外 PID 控制器的歷史久遠，蓄積了很多的技巧。近幾年有不少人將 PID 應用於馬達轉速控制、機器手臂、電動車、及空調上，由於 PID 控制器被應用範圍是相當廣泛的，對大部分製程皆可適用，並可以在不知道系統轉移函數下，利用試誤法得到所要的結果。但是對現場人員來說，是一件麻煩事。除了比例、積分、微分三項控制的交互影響外，還要面對外部干擾、迴路控制、系統動態的影響。一般條件下調整完成的系統不會立即被察覺問題，往往在外部干擾改變，或者設定值改變時，因為響應太慢或者震盪過大而無法控制變為不穩定。

效益 / 特色：只要瞭解三者的關係即可掌握其控制原理，比例控制器是利用誤差大小，控制輸出，使用積分器消除穩態誤差，微分器依據累積誤差來預測變化趨勢。現今有非常多的控制方法皆有相同的做法。現今拜電腦科技的進步，所有的設計都有輔助模擬系統可以協助做好模擬，使得控制系統的開發更為快速時間。由於現今許多產品製程的精密度不斷在增加，使得高精密機械加工技術的需求越來越高，而隨著製程技術精密度提高，製造廠商也越來越需要降低微小灰塵存在於製程環境的可能性，因此非接觸式的相關技術已越來越受到重視。

教授專長：能源科技、熱質對流、鑄造工程、焊接工程、無刷馬達、數值控制 CNC 加工

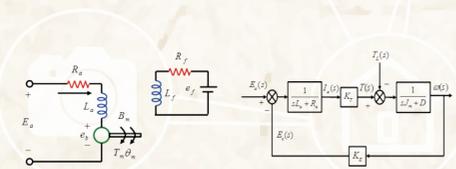


圖 1 為直流馬達簡化模型

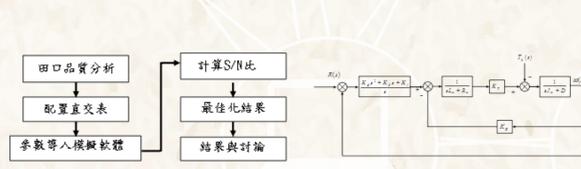


圖 2 為直流馬達數學模型含負載

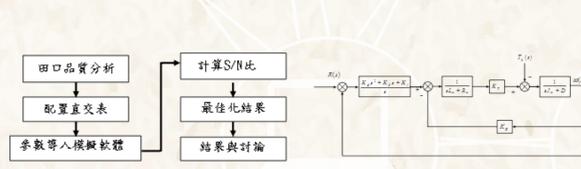


圖 3 田口法實驗流程图

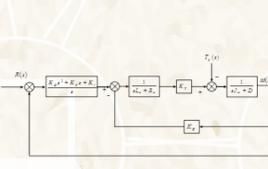


圖 4 為馬達 PID 控制因子

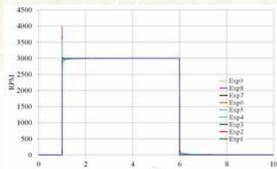


圖 5 為馬達時域暫態響應

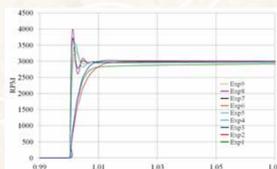


圖 6 為馬達時域暫態響應局部放大

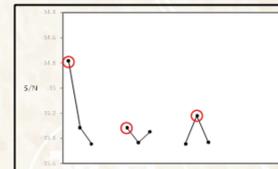


圖 7 各因子回應圖

表 1 直流馬達規格

torque constant (oz-in/A)	11.5
Armature winding resistance (Ω)	0.94
Armature inductance (mH)	0.9
Peak current (amps)	22.1
Voltage constant (mV/kRPM)	8.5
Viscous damping coefficient (oz-in/1000 rpm)	1.5
Friction torque (oz-in)	3.5
Inertia (oz-in-sec × 10 <sup>-4</sup> )	3.96

表 2 (a) 為一次一因子實驗 (b) 為全因子實驗

Exp	A	B	C	D	E	F	G	Y
1	1	1	1	1	1	1	1	12
2	1	1	1	1	1	1	15	15
3	2	2	2	2	2	2	2	20
4	2	2	2	2	2	2	11	11
5	2	2	2	2	2	2	18	18
6	2	2	2	2	2	2	1	22
7	2	2	2	2	2	2	1	16
8	2	2	2	2	2	2	17	17
Effect	0.3	0.5	0.9	0.7	0.4	4.0	0.1	

表 3 為全因子實驗次數與直交表實驗次數比較

Factor	level	Full factorial	Orthogonal Arrays
2	2	4 (2 <sup>2</sup> )	4
3	2	8 (2 <sup>3</sup> )	4
4	2	16 (2 <sup>4</sup> )	8
7	2	128 (2 <sup>7</sup> )	8
15	2	32768 (2 <sup>15</sup> )	16
4	3	81 (3 <sup>4</sup> )	9

表 4 各因子與水準表

因素與水準(因子)	Level-1	Level-2	Level-3
A. K <sub>P</sub>	10	50	100
B. K <sub>I</sub>	100	200	300
C. K <sub>D</sub>	0.1	0.01	0.001

表 5 直交表配置

EXP	A	B	C	EXP	A, K <sub>P</sub>	B, K <sub>I</sub>	C, K <sub>D</sub>
1	1	1	1	1	10	100	0.0001
2	1	2	2	2	10	200	0.01
3	1	3	3	3	10	300	0.001
4	2	1	3	4	50	100	0.001
5	2	2	1	5	50	200	0.0001
6	2	3	2	6	50	300	0.01
7	3	1	2	7	100	100	0.01
8	3	2	3	8	100	200	0.001
9	3	3	1	9	100	300	0.0001

表 6 馬達模擬結果

EXP	A, K <sub>P</sub>	B, K <sub>I</sub>	C, K <sub>D</sub>	最大值(RPM)	穩定時間
1	10	100	0.0001	3000	0.017
2	10	200	0.01	3000	0.01
3	10	300	0.001	3025	0.007
4	50	100	0.001	3522	0.005
5	50	200	0.0001	3556	0.004
6	50	300	0.01	3298	0.005
7	100	100	0.01	3721	0.004
8	100	200	0.001	3997	0.003
9	100	300	0.0001	4029	0.003

表 7 各因子實驗結果與 S/N 結果

Exp	A	B	C	Y1(RPM)	S/N
1	1	1	1	3000	-34.77
2	1	2	2	3000	-34.77
3	1	3	3	3025	-34.81
4	2	1	3	3522	-35.47
5	2	2	1	3556	-35.51
6	2	3	2	3298	-35.18
7	3	1	2	3721	-35.71
8	3	2	3	3997	-36.02
9	3	3	1	4029	-36.05

表 8 各因子回應表

	A	B	C
Level11	34.78	35.32	35.44
Level12	35.39	35.43	35.22
Level13	35.93	35.35	35.43
Effect	1.14	0.12	0.22