2016 TMTS 台灣國際工具機展

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 控製約占了 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

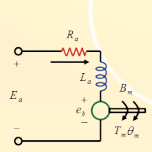

圖 1 為直流馬達簡化模型

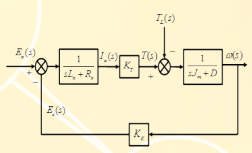

圖 2 為直流馬達數學模型含負載

圖 3 田口法實驗流程圖

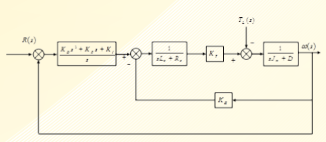

圖 4 為馬達 PID 控制因子

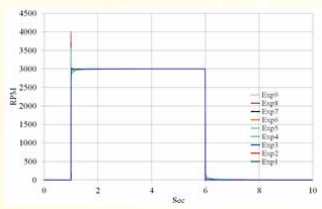

圖 5 為馬達時域暫態響應

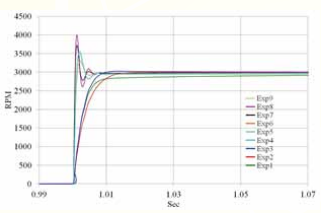

圖 6 為馬達時域暫態響應局部放大

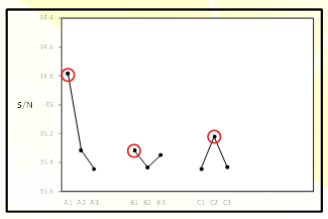

圖 7 各因子回應圖

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 (volts/1000rpm)	8.5
Viscous damping coefficient (oz in/1000 rpm)	1.5
Friction torque (oz · in)	3.5
Inertia (oz · in · sec ×10)	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	1.2
2	2	1	1	1	1	1	1	1.5
3	2	2	1	1	1	1	1	2.0
4	2	2	2	1	1	1	1	1.1
5	2	2	2	2	1	1	1	1.8
6	2	2	2	2	2	1	1	2.2
7	2	2	2	2	2	2	1	1.6
8	2	2	2	2	2	2	2	1.7
Effect	0.3	0.5	-0.9	0.7	0.4	-0.6	0.1	

(a)

Exp	A	B	C	D	y
1	1	1	1	1	1.1
2	1	1	1	2	1.3
3	1	1	2	1	1.0
4	1	1	2	2	1.8
5	1	2	1	1	2.0
6	1	2	1	2	2.1
7	1	2	2	1	1.5
8	1	2	2	2	1.1
9	2	1	1	1	2.3
10	2	1	1	2	2.2
11	2	1	2	1	1.6
12	2	1	2	2	1.7
13	2	2	1	1	1.8
14	2	2	1	2	2.0
15	2	2	2	1	1.5
16	2	2	2	2	1.3
Level1	1.49	1.63	1.85	1.60	
Level2	1.80	1.66	1.44	1.69	
Effect	0.31	0.04	-0.41	0.09	

(b)

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 (2^2)	4
3	2	8 (2^3)	4
4	2	16 (2^4)	8
7	2	128 (2^7)	8
15	2	32768 (2^{15})	16
4	3	81 (3^4)	9

表 4 各因子與水準表

模擬組合(水準/因子)	Level-1	Level-2	Level-3
A. K_P	10	50	100
B. K_I	100	200	300
C. K_D	0.1	0.01	0.001

表 5 直交表配置

EXP	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	3
5	2	2	1
6	2	3	2
7	3	1	2
8	3	2	3
9	3	3	1

EXP	A.K_P	B.K_I	C.K_D
1	10	100	0.0001
2	10	200	0.01
3	10	300	0.001
4	50	100	0.001
5	50	200	0.0001
6	50	300	0.01
7	100	100	0.01
8	100	200	0.001
9	100	300	0.0001

表 6 馬達模擬結果

EXP	A.K_P	B.K_I	C.K_D	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
Level1	-34.78	-35.32	-35.44
Level2	-35.39	-35.43	-35.22
Level3	-35.93	-35.35	-35.43
Effect	1.14	0.12	0.22

TAIROA 台灣智慧自動化與機器人協會
Taiwan Automation Intelligence and Robotics Association

財團法人上銀科技教育基金會