

A Study of Self-tuning Fuzzy PID Controller Design

傅韋銘、胡永柟

E-mail: 9314913@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

現今模糊理論已被廣泛用來處理很多複雜且未知的控制系統，模糊控制被證實對一些難以將系統數學化，或是此系統所知道的資料不足時，都有不錯的控制結果。模糊控制主要是以知識庫為基礎的系統，知識庫是控制器的核心，能將專家經驗轉換成語言式條件語句及決策規則，經由模糊推論來達到所要求的控制。在受控程序裡最常使用的控制器是PID控制，然而，傳統PID控制對具有結構參數變動、未知的，和高度非線性的系統時，只用傳統的控制器是無法達到所需的要求。近來，模糊PID控制器被廣泛的用來研究處理含不確定性的系統，但大部份的模糊控制器是剛性的，即控制器的規則和參數是固定的，所以，當設計者所設計之模糊理論並非很完善的時候，就無法有效的處理受控程序。因此本論文設計self-tuning Fuzzy PID控制器，期望以self-tuning的功能，去對控制器做最佳的調整，藉此找到最適合之PID控制器的Kp, Ki和Kd三個參數，以達到預期的控制效果。

Keywords : 自調式模糊PID控制器

Table of Contents

目錄 封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iii
.....iv 英文摘要.....	iv	.....v 誌謝.....	v
.....vi 目錄.....	vi	.....vii 圖目錄.....	vii
.....x 表目錄.....	x	.....xii 第一章 序論.....	xii
.....1 1.1 簡介.....	1	.....1 1.2 研究步驟.....	1
.....2 1.3 內容大綱.....	2	.....3 第二章 模糊控制理論與架構.....	3
.....5 2.1 模糊理論.....	5	.....5 2.2 模糊理論之基本定理.....	5
.....8 2.2.1 模糊集合.....	8	.....8 2.2.2 歸屬函數.....	8
.....10 2.2.3 模糊集合運算.....	10	.....11 2.2.4 模糊蘊含.....	11
.....11 2.2.5 模糊推論.....	11	.....13 2.3.1 模糊控制器之特點.....	13
.....12 2.3 模糊控制器.....	12	.....15 2.3.3 規則庫.....	15
.....14 2.3.2 模糊化.....	14	.....18 2.3.5 推理機構.....	18
.....17 2.3.4 資料庫.....	17	.....21 2.3.6 解模糊化.....	21
.....23 第三章 自調整模糊控制.....	23	.....24 3.1 自調整模糊控制.....	24
.....24 3.2 自解調模糊控制器系統架構.....	24	.....26 3.2.1 模糊控制器.....	26
.....27 3.2.2 過程監督.....	27	.....29 3.2.2 適應機制.....	29
.....32 3.2.2 演算流程.....	32	.....36 第四章 PID控制理論與架構.....	36
.....38 4.1 PID控制器.....	38	.....38 4.2 PD控制器.....	38
.....41 4.4 PID控制器設計.....	41	.....40 4.3 PI 控制器.....	40
.....43 第五章 研究步驟與結果.....	43	.....42 4.5 PID控制器參數傳統調整方法.....	42
.....46 5.2 系統鑑別模式.....	46	.....46 5.1 系統鑑別.....	46
.....46 5.3 系統鑑別步驟.....	46	.....53 5.4.2 實例應證二.....	53
.....49 5.4 模擬結果.....	49	.....55 5.4.3 實例應證三.....	55
.....52 5.4.1 實例應證一.....	52	.....57 5.4.4 實例應證四.....	57
.....53 5.4.2 實例應證二.....	53	.....59 5.4.5 實例應證五.....	59
.....55 5.4.3 實例應證三.....	55	.....61 5.4.6 實例應證六.....	61
.....57 5.4.4 實例應證四.....	57	.....63 第六章 結論.....	63
.....59 5.4.5 實例應證五.....	59	.....65 6.1 結論.....	65
.....61 5.4.6 實例應證六.....	61	.....65 6.2 展望.....	65
.....63 第六章 結論.....	63	.....66 參考文獻.....	66
.....65 6.1 結論.....	65	.....67 圖目錄 圖1.1 研究步驟流程圖.....	67
.....65 6.2 展望.....	65	.....9 圖 2.1 傳統集合的特徵函數描述胖與瘦之示意圖.....	9
.....66 參考文獻.....	66	.....9 圖 2.2 模糊集合的歸屬函數描述胖與瘦之示意圖.....	9
.....3 圖 2.1 傳統集合的特徵函數描述胖與瘦之示意圖.....	3	.....13 圖 2.4(a)(b) 量化映射方式示意圖.....	13
.....9 圖 2.2 模糊集合的歸屬函數描述胖與瘦之示意圖.....	9	.....16 圖 2.5 非均勻量化的模糊化過程示意圖.....	16
.....9 圖 2.3 模糊控制器之基本架構圖.....	9	.....17 圖 2.6 三角形歸屬函數.....	17
.....13 圖 2.4(a)(b) 量化映射方式示意圖.....	13	.....19 圖 2.7 高斯形歸屬函數.....	19
.....16 圖 2.5 非均勻量化的模糊化過程示意圖.....	16	.....19 圖 2.8 梯形歸屬函數.....	19
.....17 圖 2.6 三角形歸屬函數.....	17	.....20 圖 2.9 單值形歸屬函數.....	20
.....19 圖 2.7 高斯形歸屬函數.....	19	.....21 圖 2.10 Min-Min-MAX 模糊推論法.....	21
.....19 圖 2.8 梯形歸屬函數.....	19	.....22 圖 3.1 自解調模糊控制器架構圖.....	22
.....20 圖 2.9 單值形歸屬函數.....	20	.....26 圖 3.2 模糊控制器(a)E、(b)CE、(c)U之歸屬函數圖.....	26
.....21 圖 2.10 Min-Min-MAX 模糊推論法.....	21	.....28 圖 3.3 誤差與控制訊號變化量之關係圖.....	28
.....22 圖 3.1 自解調模糊控制器架構圖.....	22	.....29 圖 3.4 監督機.....	29
.....26 圖 3.2 模糊控制器(a)E、(b)CE、(c)U之歸屬函數圖.....	26		
.....28 圖 3.3 誤差與控制訊號變化量之關係圖.....	28		
.....29 圖 3.4 監督機.....	29		

制的歸屬函數.....	31	圖 3.5 步階響應分析圖.....	33	圖 3.6 尺度因子變化與模糊控制規則關係圖.....	33
圖 3.7 適應機制(a)e、(b) e、(c) GE GCE之歸屬函數圖.....	34	圖 3.8 演算流程圖.....	37	圖 4.1 標準二階系統方塊圖.....	39
圖 4.2(a) (b) 傳統PID控制器方塊圖.....	39	圖 5.1 單迴授系統數學模式方塊圖.....	46	圖 5.2 步階暫態響應性能指標圖.....	47
圖 5.3 無刷直流馬達實體圖.....	50	圖 5.4 Syscor人機介面圖.....	50	圖 5.5 系統鑑別之Simulink圖.....	51
圖 5.6 欲控體之系統鑑別響應圖.....	51	圖 5.7(a) 尚未加控制器之響應圖.....	54	圖 5.7(b) PID控制器與自解調模糊PID控制器之響應圖.....	54
圖 5.8(a) 尚未加控制器之響應圖.....	56	圖 5.8(b) PID控制器與自解調模糊PID控制器之響應圖.....	56	圖 5.9(a) 尚未加控制器之響應圖.....	58
圖 5.9(b) PID控制器與自解調模糊PID控制器之響應圖.....	58	圖 5.10(a) 尚未加控制器之響應圖.....	60	圖 5.10(b) PID控制器與自解調模糊PID控制器之響應圖.....	60
圖 5.11(a) 尚未加控制器之響應圖.....	62	圖 5.11(b) PID控制器與自解調模糊PID控制器之響應圖.....	62	圖 5.12(a) 尚未加控制器與PID控制器之響應圖.....	64
圖 5.12(b) 自解調模糊PID控制器之響應圖.....	64	表目錄 表 2.1 模糊集合與傳統集合比較.....	5	表 3.1 模糊控制器之規則庫.....	27
表 3.2 監督機制之規則庫.....	30	表 3.3 適應機制調整GE之規則庫.....	30	表 3.4 適應機制調整GCE之規則庫.....	34
表 4.1 K _p 、K _i 、K _d 參數對性能指標對照表.....	34	表 5.1 三種控制器之各數據比較.....	45	表 5.2 三種控制器之各數據比較.....	53
表 5.3 三種控制器之各數據比較.....	55	表 5.4 三種控制器之各數據比較.....	57	表 5.5 三種控制器之各數據比較.....	59
表 5.6 三種控制器之各數據比較.....	61		63		

REFERENCES

- 參考文獻 [1]Shen, J. C., " New Tuning Method for PID Control of a Plant with Under-damped Response " , Asian Journal of Control,vol. 2, pp.31-41, 2000.
- [2]Wang, Q. G., T. H. Lee, H. W. Fung, Q. Bi, and Y. Zhang, " PID Tuning for Improved Performance " , IEEE Transactions on Control System Technology, vol. 7, pp.457-465. 1999.
- [3]Ho, W. K., C. C. Hang, and J. Zhou, " Self- Tuning PID Control of a Plant with Under-damped Response with Specifications on Gain and Phase Margins " , IEEE Transactions on Control System Technology, vol. 5, pp.446-452. 1997.
- [4]Zhung, M. and D. P. Atherton, " Automatic Tuning of Optimum PID Controllers " , Proc. Inst. Eng., vol. 140, pp.216-224. 1993.
- [5]Ho, W. K., C. C. Hang, w. Wojszenis, and Q. H. Tao, " Frequency Domain Approach to Self-tuning PID Control " , Control Engineer Practice, vol. 4, pp.807-813. 1996.
- [6]Tan, K. K., Q. G. Wang, and C. C. Hang, with T. Hagglund, Advances in PID Control, Springer, London.1999.
- [7]Hang, C. C., K. J. Astrom ,and W. K. Ho, " Refinements of the Ziegler-Nichols Tuning Formula " , Proc. IEE, Pt. D, vol.138, pp. 111-118.
- [8]Ho, W. K., C. C. Hang, and L. S. Cao, " Tuning of PID Controller Based on Gain and Phase Margins Specifications " , Automatic, vol.31, pp.497-502.1995.
- [9]歐宗勳, " 全數位化線性馬達運動控制實務 " , 大葉大學電機工程學系研究所碩士學位論文, 2002。
- [10]孫宗瀛、楊英魁, " Fuzzy控制理論、實用與應用 " , 全華科技圖書股份有限公司, 1994。
- [11]楊克勤, " 設計直流馬達轉速遠端模糊監控系統 " , 國立台灣海洋大學機械與輪機工程研究所碩士學位論文, 2001。
- [12]李桂香, " 植基於遺傳演算法之多階模糊控制器設計 " , 國立台灣師範大學工業學教育研究所碩士學位論文, 2000。
- [13]陳建宏, " 應用灰色理論與模糊控制建構及時電力需量控制系統 " , 國立台北科技大學電機工程學系研究所碩士學位論文, 2001。
- [14]王木俊, " 認識fuzzy " , 全華科技圖書股份有限公司, 1994。
- [15]楊英魁校定, 中國生產力中心編譯, " fuzzy控制 " , 全華科技圖書股份有限公司, 1993。
- [16]林政豪, " 結合基因演算法與模糊控制在電力系統穩定器之研究 " , 國立台北科技大學電機工程學系研究所碩士學位論文, 2001。
- [17]陳志煒, " 應用遺傳基因演算法則改善電力系統穩定度之研究 " , 淡江大學電機工程研究所碩士論文, 1998。
- [18]黃彥融, " 自調整模糊控制應用於造波機之研究 " , 成功大學造船及船舶機械工程學系碩士論文, 2001。
- [19]廖添文, " GA-PID模糊控制器應用於灰訊號源之追蹤與設計 " , 大葉大學電機工程學系研究所碩士學位論文, 2003。
- [20]王建雄, " 模糊控制器之設計思維 " , 台北科技大學生產系統工程與管理研究所碩士論文, 2002。
- [21]王進力, " 感應機向量控制驅動器之PID控制器調適 " , 淡江大學電機工程學系研究所碩士學位論文, 2001。