

# 自解調模糊PID控制器設計與研究

傅韋銘、胡永柟

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

## 摘要

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。

關鍵詞：自調式模糊PID控制器

## 目錄

|                                      |     |   |     |
|--------------------------------------|-----|---|-----|
| 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  | .....12 2.3 模糊控制器.....                        | 12  |
| .....12 2.3.1 模糊控制器之特點.....          | 12  | .....13 2.3.2 模糊化.....                        | 13  |
| .....14 2.3.2 模糊化.....               | 14  | .....15 2.3.3 規則庫.....                        | 15  |
| .....17 2.3.4 資料庫.....               | 17  | .....18 2.3.5 推理機構.....                       | 18  |
| .....21 2.3.6 解模糊化.....              | 21  | .....23 第三章 自調整模糊控制.....                      | 23  |
| .....23 3.1 自調整模糊控制.....             | 23  | .....24 3.2 自解調模糊控制器系統架構.....                 | 24  |
| .....24 3.2.1 模糊控制器.....             | 24  | .....26 3.2.2 過程監督.....                       | 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  |
| .....40 4.3 PI 控制器.....              | 40  | .....41 4.4 PID控制器設計.....                     | 41  |
| .....42 4.5 PID控制器參數傳統調整方法.....      | 42  | .....43 第五章 研究步驟與結果.....                      | 43  |
| .....43 5.1 系統鑑別.....                | 43  | .....46 5.2 系統鑑別模式.....                       | 46  |
| .....46 5.2 系統鑑別模式.....              | 46  | .....46 5.3 系統鑑別步驟.....                       | 46  |
| .....49 5.4 模擬結果.....                | 49  | .....52 5.4.1 實例應證一.....                      | 52  |
| .....53 5.4.2 實例應證二.....             | 53  | .....55 5.4.3 實例應證三.....                      | 55  |
| .....57 5.4.4 實例應證四.....             | 57  | .....59 5.4.5 實例應證五.....                      | 59  |
| .....61 5.4.6 實例應證六.....             | 61  | .....63 第六章 結論.....                           | 63  |
| .....65 6.1 結論.....                  | 65  | .....65 6.2 展望.....                           | 65  |
| .....66 參考文獻.....                    | 66  | .....67 圖目錄 圖1.1 研究步驟流程圖.....                 | 67  |
| .....3 圖 2.1 傳統集合的特徵函數描述胖與瘦之示意圖..... | 3   | .....9 圖 2.2 模糊集合的歸屬函數描述胖與瘦之示意圖.....          | 9   |
| .....9 圖 2.3 模糊控制器之基本架構圖.....        | 9   | .....13 圖 2.4(a)(b) 量化映射方式示意圖.....            | 13  |
| .....16 圖 2.5 非均勻量化的模糊化過程示意圖.....    | 16  | .....17 圖 2.6 三角形歸屬函數.....                    | 17  |
| .....19 圖 2.7 高斯形歸屬函數.....           | 19  | .....19 圖 2.8 梯形歸屬函數.....                     | 19  |
| .....20 圖 2.9 單值形歸屬函數.....           | 20  | .....21 圖 2.10 Min-Min-MAX 模糊推論法.....         | 21  |
| .....22 圖 3.1 自解調模糊控制器架構圖.....       | 22  | .....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.....               | 34 | 表 3.4 適應機制調整GCE之規則庫.....              | 34 |
| 表 4.1 K <sub>p</sub> 、K <sub>i</sub> 、K <sub>d</sub> 參數對性能指標對照表..... | 45 | 表 5.1 三種控制器之各數據比較.....                | 53 | 表 5.2 三種控制器之各數據比較.....                | 55 |
| 表 5.3 三種控制器之各數據比較.....   | 57 | 表 5.4 三種控制器之各數據比較.....                | 59 | 表 5.5 三種控制器之各數據比較.....                | 61 |
| 表 5.6 三種控制器之各數據比較.....   | 63 |                                       |    |                                       |    |

## 參考文獻

- 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。