

旋轉式倒單擺系統之分析與控制

林厚亨、陳昭雄

E-mail: 9018405@mail.dyu.edu.tw

摘要

中文摘要 倒單擺系統為典型的非線性不穩定系統，常被應用於驗證控制理論可行性之實驗設備。本文提出兩種控制器於此倒單擺系統，一是將此非線性系統線性化，利用線性理論設計狀態迴授控制器；二為提出一具強健性能之模糊控制器設計方法，首先我們設計一穩定之參考模型，此參考模型之輸入為旋轉臂之角度；而輸出為倒單擺所欲跟隨之角度，另外，以一模糊系統來近似此倒單擺系統之非線性動態部分，然後根據此模糊系統發展出具強健性能之模糊控制器，來迫使倒單擺之角度跟隨參考模型之輸出，當跟隨誤差趨近零時，倒單擺將倒立在垂直位置而旋轉臂之角度也歸位至零位置。依據此強健穩定設計技術，在模糊近似過程中所產生之近似誤差可被補償克服，此近似誤差所產生之不良效應將可被壓制在任意之小範圍內。最後，我們以一真實之旋轉式倒單擺系統做模擬，以驗證本文所提方法之有效性。

關鍵詞：倒單擺系統、模糊邏輯控制器、強健控制。

目錄

第一章 緒論--P1 1.1研究動機與目的--P1 1.2文獻回顧--P3 1.3研究方法概述--P4 1.4論文大綱--P5 第二章 硬體架構--P6 2.1機械構造部分--P7 2.1.1系統平台概略--P7 2.1.2馬達轉速迴授及傳動--P8 2.1.3 倒單擺之譯碼器訊號迴授--P9 2.1.4 DC馬達之規格--P9 2.1.5 光學譯碼器之規格--P10 2.2動態建模--P10 2.2.1動態方程式--P11 2.2.2動態方程式之線性化及狀態空間表示--P14 2.2.3轉移函數--P16 2.3馬達系統--P18 2.4齒輪與時歸皮帶--P19 2.5系統之參數--P20 2.6系統參數表--P20 2.7 系統簡述--P21 第三章 模糊邏輯系統--P23 3.1模糊邏輯控制器--P23 3.2模糊化程序--P25 3.3模糊規則庫--P25 3.4模糊推論器--P27 3.5解模糊化--P28 第四章 控制器設計--P30 4.1狀態迴授設計--P30 4.1.1 控制器增益K值之選定--P31 4.2強健模糊控制器設計--P33 4.2.1 參考模型之設計--P33 4.2.2 模糊模型設計--P34 4.2.3 模糊控制器之設計--P36 第五章 模擬--P41 5.1狀態迴授模擬--P41 5.2模糊控制器模擬--P47 第六章 結論--P57 6.1 綜合結論--P57 6.2 未來方向與展望--P57 6.2.1 硬體部分--P57 6.2.2 控制器設計--P58 參考文獻--P59 附錄A--P62 附錄B--P63 附錄C--P64 附錄D--P72

參考文獻

- [1] J. L. MERIAM, ENGINEERING MECHANICS , PP.587~626, 1984.
- [2] DONALD T. GREENWOOD, PRINCIPLES OF DYNAMICS, ENGLEWOOD CLIFFS, NEW JERSEY: PRENTICE HALL, SECOND EDITION, 1988.
- [3] M. VIDYASAGAR, NONLINEAR SYSTEM ANALYSIS, ENGLEWOOD CLIFFS, NEW JERSEY: PRENTICE HALL, SECOND EDITION, 1993.
- [4] JEAN-JACQUES E.SLOTINE AND WEIPING LI, APPLIED NONLINEAR CONTROL, ENGLEWOOD CLIFFS, NEW JERSEY: PRENTICE HALL, 1991.
- [5] L.X. WANG, ADAPTIVE FUZZY SYSTEMS AND CONTROL: DESIGN AND STABILITY ANALYSIS, ENGLEWOOD CLIFFS, NEW JERSEY: PRENTICE HALL, 1994.
- [6] CHAIO-SHIUNG CHEN AND WEN-LIANG CHEN, "ROBUST ADAPTIVE SLIDING-MODE CONTROL USING FUZZY MODELING FOR AN INVERTED PENDULUM SYSTEM", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL.45, NO.2, APRIL 1998.
- [7] GANG-YA PARK, SOON-CHAN HONG, MOON-HONG BAEG AND HAI-WON YANG, " AN IMPLEMENTATION OF A ROTATIONAL INVERTED PENDULUM USING ADAPTIVE FUZZY CONTROLLERS ", IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS, 1999. ISIE '99. PROCEEDINGS OF THE IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON, VOLU -ME: 1, PAGE(S): 414 -418 VOL.1, 1999.
- [8] MAY- WEIN L. THEIN AND EDUARDO A. MISAWA, "COMPARISON OF THE SLIDING OBSERVER TO SEVERAL STATE ESTIMATORS USING A ROTATIONAL INVERTED PENDULUM", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS , DECEMBER 1995.
- [9] KATSUHISA FURUTA AND MASAKI YAMAKITA, "SWING UP CONTROL OF INVERTED PENDULUM ", IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS, CONTROL AND INSTRUMENTATION, 1991.
- [10] MICHAEL MARGALIOT, GIDEON LANGHOLZ, "FUZZY LYAPUNOV-BASED APPROACH TO THE DESIGN OF FUZZY

CONTROLLERS", FUZZY SETS SYST, RECEIVED JULY 1998.

[11] L.K WANG, FRANK H.F. LEUNG, AND PETER K.S. TAM, "LYAPUNOV-FUNCTION-BASED DESIGN OF FUZZY LOGIC CONTROLLER AND IT'S APPLICATION ON COMBINING CONTROLLERS", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL.45, NO.3, JUNE 1998.

[12] JI-CHANG LO AND YA-HUI KUO, "DECOUPLE FUZZY SLIDING-MODE CONTROL", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL.6, NO.3, AUGUST 1998.

[13] K. DAVID YOUNG, VADIM I. UTKIN, AND UMIT OZGUNER, "A CONTROL ENGINEER'S GUIDE TO SLIDING MODE CONTROL", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL.7, NO.3, MAY 1999.

[14] JOHN HAUSER, SHANKAR SASTRY, AND PETER KOKOTOVIC, "NONLINEAR CONTROL VIA APPROXIMATE INPUT-OUTPUT LINEARIZATION: THE BALL AND BEAM EXAMPLE", IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL, VOL.37, NO.3, MARCH 1992.

[15] BOR-SEN CHEN, CHUNG-SHI TSENG, HUEY-JIAN UANG, "ROBUSTNESS DESIGN OF NONLINEAR DYNAMICAL SYSTEMS VIA FUZZY LINEAR CONTROL", IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS, VOL.7, NO. 5. OCTOBER 1999.

[16] 陳重誠, "旋轉式倒單擺動作控制之再設計", 碩士論文, 國立中央大學電機工程所, 2000.

[17] 劉克強, "倒單擺最短時間豎起及定位控制之研究", 碩士論文, 私立元智大學機械工程所, 1998.

[18] BENJAMIN C. KUO, AUTOMATIC CONTROL SYSTEM, NEW JERSEY: PRENTICE HALL INTERNATIONAL EDITIONS, SEVENTH EDITION. 1995.

[19] KEMIN ZHOU, JOHN C. DOYLE, ESSENTIALS OF ROBUST CONTROL, UPPER SADDLE RIVER, NEW JERSEY: PRENTICE HALL, 1998.

[20] J.-S. R. JANG, C.-T. SUN AND E. MIZUTANI, NEURO-FUZZY AND SOFT COMPUTING, UPPER SADDLE RIVER, NEW JERSEY: PRENTICE HALL, INTERNATIONAL EDITION 1997.

[21] 陳昭雄、林厚亨, "應用模糊線性模型於倒單擺系統之強健模糊控制", 中華民國自動化科技學會第十二屆全國自動化科技研討會, 民國90年五月。