



伺服迴路前饋補償 控制及調適

Feedforward Controller Design
and Parameter Tuning for Servo Loop

陳金聖

臺北科技大學
自動化科技研究所
副教授

陳立業

臺北科技大學
自動化科技研究所
博士後研究

葉宗祺

臺北科技大學
自動化科技研究所
博士生

李峰吉

工研院機械所
智慧機械技術組
機電控制整合部

陳文泉

工研院機械所
智慧機械技術組
機電控制整合部
經理

關鍵詞(Keywords)

- 速度迴路控制器 velocity loop controller
- 前饋控制器 pseudo derivative feedback with feedforward gain controller
- 參數調整 feedforward controller
- IMP 運動控制卡 parameters tuning, IMP

摘要(Abstract)

典型運動控制系統為串聯式控制架構，傳統各層迴路的控制增益設計均仰賴專家經驗的設計，耗費人力與時間，本文提出一PDFF (Pseudo Derivative Feedback with Feedforward Gain)速度迴

路控制器與一修正型前饋控制器 (Modified feedforward controller)，並針對重複性軌跡，提出一個容易實現的前饋控制參數調整演算法。最後，上述演算法則將使用工研院的智慧型運動控制平台 (Intelligent Motion control Platform, IMP) 及雙軸運動平台進行驗證。

The cascaded control structure is most applied in industrial motion control applications. However, the parameters tuning in the servo controllers are almost depended on experts' experiences, and it is time consuming to get the optimal controller gains. In this study, we propose an integral servo controller scheme including a pseudo derivative feedback with feedforward gain (PDFF) controller and a modified feedforward controller. The proposed velocity controller involves most typical velocity loop



control scheme; and the feedforward controller can be designed to improve the tracking performance. The systematic tuning algorithm of feedforward controller is further proposed to get optimal parameters in the application of repeated trajectory. Finally, the above algorithms will be implemented in ITRI's intelligent motion control platform (IMP) to control a bi-axes motion system. The experimental results are used to verify the performance assessment for our proposed algorithms.

1. 前言

近年來，PC 工業技術快速地發展已經深深影響到機械製造業，而目前國內雖有中、小型廠商設計研發 CNC 運動控制器，但受限於國內市場狹小與資金不足，不易提升工具機之技術層面，僅開發出相關的週邊控制板或簡易的工具機；另外，國內當前學術界與產業界從事運動控制器的研發工作，在軟、硬體設計上均較缺乏深入的學理探討和實務技術根基，目前雖有自行研發的 CNC 運動控制器上市，但其軟體使用者介面、加工精度以及加工速度一直未能足與美、日及歐洲產品競爭。另外，在伺服迴路的控制參數調整方面，以往均採手動的方式來調適參數，不僅調適時間較長，且需要擁有專業經驗的專家方可做到。

2. 研究目的

對於伺服控制系統而言，準確的定位能力、

減少追蹤誤差與增加系統抗干擾能力，一直是產業界與學術界持續努力的目標，而目前工業常用之馬達控制迴路為串聯式伺服控制架構(Cascade Control Loop)，其中包含電流迴路(Current Loop)、速度迴路(Velocity Loop)與位置迴路(Position Loop)，而在各層級的控制迴路中，皆採用 PID 的控制法則，其優點為調整各控制參數相對於系統性能影響的直覺性，如比例(Proportional)增益為增快系統響應，積分(Integral)增益則是消除穩態誤差，但缺點則是固定控制增益，無法在加工條件改變或是系統受外擾工作環境中，維持運動控制精度要求，因此近年來日系的馬達伺服模組皆引進能自我增益調適功能或是適應控制演算法來加以克服。當迴授控制無法滿足追蹤規格需求時，通常控制系統可藉由前饋控制器的設計來增加系統追蹤能力，但是前饋控制器的補償效益更是直接受系統動態變化影響，故反應系統變化的參數修正更是必要的。本文之重點為位置前饋控制器設計及其參數調整策略。

針對速度迴路與位置迴路之控制器設計 [1~3]，經馬達系統參數鑑別實驗後，可得知馬達轉動慣量(System Inertia)與黏滯係數(Viscous Coefficient)參數，本文之完整控制架構如圖 1 所示，其中，速度迴路採用 PDFF 控制器的架構與改變 γ 、 K_{vp} 與 K_{vi} 的數值，使系統介於 P-I 和 I-P 控制器架構響應特性。目前工業界廣泛使用的速度迴路控制架構大部分仍為傳統 PID 控制器，而本文中所設計的速度迴路為 PDFF 型控制架構，此控制型態可包含目前市面上所使用的任何一種速度迴路控制器 [4~6]。當改變 γ 、 K_{vp} 與 K_v 的數值，將形成不同的控制器並達成使用者所需求的

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】360期・102年3月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw