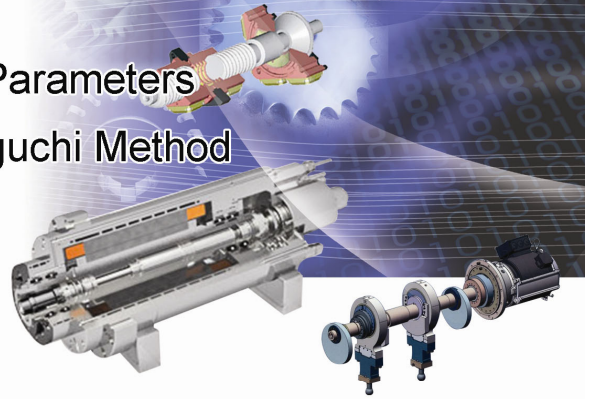




以田口實驗法進行交流伺服馬達控制器 參數最佳化設計

Optimal Design of Motion Control Parameters
in AC Servomotor Packs Using Taguchi Method



沈奕均

國立台北科技大學
電機整合研究所
研究生

葉賜旭

國立台北科技大學
電機整合研究所
助理教授

王郁喬

工研院機械所
智慧機械技術組
數值控制部

關鍵詞

- | | |
|------------------|--------------------------|
| • 田口實驗法 | Taguchi method |
| • 交流伺服馬達 | AC servomotor pack |
| • 控制參數設計 | Control parameter design |
| • SSCNET II 串列伺服 | SSCNET II serial servo |
| • CNC 工具機 | CNC machine tool |

摘要

如何在既有的伺服驅動系統限制條件下，改善工具機的運動控制能力，提高加工精度與速度，長久以來為重要的研究課題。一般而言，加工精度除取決於必要的機械因素外，伺服驅動系統的控制參數設計亦是發展重點。特別地，當伺服控制系統的設計者不甚知道控制迴路與控制參數的詳細資訊，且不清處操作環境對系統的影響時，如何設計適當的控制參數，使系統獲得較佳的伺服運動性能，就

更顯得重要。因此，本文在既有的交流伺服馬達控制器架構下，使用田口品質設計實驗法與回歸分析，進行最佳伺服控制參數設計的研究。經由實機的測試與驗證，以田口實驗方法所設計的最佳控制參數，確實可提昇運動控制系統的循跡精度。

It is important to design control parameters for given servomechanisms and control structures such that machining tools yield high-quality and high-speed machining results. Generally, with the exception of unavoidable mechanical factors such as volumetric errors and thermal effects of machine tools, the machining quality of CNC machine tools significantly depends on the design of motion parameters; as a result, the design method becomes significant, particularly for implicit motion parameters and unknown operation environments. Therefore, in this study, an optimal design that is based on the Taguchi quality design method and regression analysis is developed for controlling feed drive servomechanisms actuated by AC servomotor packs. Several tests and experiments are performed for evaluating the developed parameter



design methods, and the experimental results demonstrate the feasibility of the proposed approaches.

簡介

以伺服控制器(AC servo pack)為基礎的運動控制架構受到產業界的廣泛應用，主要是伺服控制器的控制架構通常是以快速的單晶片實現，因此可以較短的取樣週期獲得較好的控制效能，並且通常可透過參數調整的方式來獲得不錯的運動控制結果。然而，不適當的控制器參數設計，反而容易使得系統性能無法發揮，甚至於降低系統的性能。

近年來，由於電腦運算技術的快速發展與自動控制器參數調整所帶來的便利性，有諸多專家學者提出伺服運動控制系統的控制參數調整方式。Na et al. (1996)在 CNC 工具機上使用增益調整調整法來調整 P 控制器與 PD 控制器的參數，並且做輪廓誤差的分析。Lee and Kim (2000)與 Lee et al. (2003)使用伺服參數自動調整法，有效減少機構的振動與改善機械的追跡精確度。Kuo and Yen (2001, 2002)提出使用基因演算法(Genetic Algorithm)應用於自動參數調整法使用在多軸 CNC 工具機系統中，有效減少因多軸之間大量參數與多軸之間的複雜影響。然而，自動控制器參數調整方法需要建立明智的規則條件，或是使用者需對各參數間的影響有相當程度的瞭解。此外，在設計參數自動調整法時，該調機演算法中有一些重要影響參數要確定，以便在調整控制器參數時有較快的目標函數收斂速度。因此，本研究嘗試以實驗方法進行控制器參數的調整與設計。

近年來，田口品質設計實驗法(Taguchi quality design method)被廣泛應用於加工製造系統的參數設計，已證實為有效且系統化設計的實驗方法。Lin et al. (2001)在球拋光加工(Ball Burnish Machining)的放電加工(Electrical discharge machining, EDM)系統上

使用田口方法來確定加工參數的最佳組合，降低表面粗糙度(Surface roughness)與提升材料移除率(Metal removal rate, MRR)；爾後，Sundaram et al. (2008)在超音波促進微放電加工(Micro EDM)上使用田口方法，以少數的實驗次數來找尋加工參數的最佳組合，來改善材料移除率、切削速率、切削寬度或尺寸精度等切削性能。為了更進一步找尋參數與結果之間的最佳值，Liao et al. (1997)在線放電加工(Wire electrical discharge machining, WEDM)上應用田口品質設計實驗計畫法後使用迴歸分析(Regression Analysis)來獲得各加工參數最佳化的數學模型(Mathematical model)，進一步驗證最佳切削參數組合；而 Her and Weng (2002)在 BaTiO₃ 半導體的放電加工(EDM)上使用田口方法後也使用迴歸分析來獲得各加工參數與表面粗糙度之間的函式，以便由此函式獲得最佳參數組合；之後，Tosun et al. (2004)、Zarepour et al. (2007)、Mahapatra and Patnaik (2006)等學者都在線放電加工上使用田口方法找尋最佳參數組合，在應用迴歸分析更進一步驗證其參數的最佳值，使加工的性能與結果都能達到最佳化。

因此，本文的研究目的，即在於既有的伺服控制架構下(以 MITSUBISHI SSCNET II 交流伺服馬達所構成的雙軸伺服運動平台為例)，以田口品質設計實驗法與迴歸分析進行控制器參數設計，使伺服運動控制系統的使用者可不需知道控制迴路與參數的詳細資訊，即可獲得適當的控制器參數，並獲得較佳的伺服運動性能。

MITSUBISHI SSCNET II 伺服馬達控制參數與調整

表一所列為 MITSUBISHI MR-J2S 系列伺服馬達運動控制相關的參數設定；表二所列為馬達運動控制參數調整相關的設定(Mitsubishi Elec.)。



表一 MITSUBISHI MR-J2S 伺服馬達運動控制參數(Mitsubishi Elec.)

No.	符號	名稱	初始值	單位
12	GD2	Ratio of load inertia to servo motor inertia 用於設定負載慣性(慣性力矩)與伺服馬達軸的慣性力矩的比值。當自動調整模式 1 被設定時，系統將自動地使用自動參數調整的結果。	7.0	times
13	PG1	Position control gain 1 用於設定位置迴路 1 的迴路增益。增加增益值可改進伺服軸的追跡性(Trackability)表現，可快速反應位置命令。當自動調整方式 1,2 被選擇時，系統將自動地使用自動參數調整的結果。	35	rad/s
14	VG1	Speed control gain 1 通常不需要改變這個參數設定。更高的設定值可加快伺服軸的響應，但是會發生振動和噪音。當自動調整模式 1,2 被選擇時，系統將自動地使用自動參數調整的結果。	177	rad/s
15	PG2	Position control gain 2 用於設定位置迴路的增益。設定這個參數值可增加對負載變化的位置響應能力。更高的設定值可增加伺服軸的響應，但是會發生振動和噪音。當自動調整模式 1,2 被選擇時，系統將自動地使用自動參數調整的結果。	35	rad/s
16	VG2	Speed control gain 2 當伺服軸可能作用在低剛性或具有較大反作用力的機械系統時，可設定該參數值以改善伺服軸的響應。更高的設定值可提昇伺服軸的響應，但易發生振動和噪音。並且當自動調整模式 1,2 被選擇時，系統將自動地使用自動參數調整的結果。	817	rad/s
17	VIC	Speed integral compensation 用於設定伺服軸速度迴路的積分補償常數。當自動調整模式 1,2 被選擇時，系統將自動地使用自動參數調整的結果。	48	ms
19	FFC	Feed forward gain 用於設定位置控制迴路的前饋增益。當伺服軸進行等速操作時，設定值「100」可獲得接近零的伺服落後(或脈衝差值)。但伺服軸若突然具有較大的加速度或減速度時，伺服系統將可能引發不適當的運動反應。因此建議，當設定前饋增益為 100(%)，則需設定加速度或減速度時間為 1s 或更長。	0	%

表二 MITSUBISHI MR-J2S 伺服馬達運動控制參數調整設定(Mitsubishi Elec.)

No.	符號	名稱	初始值	單位
8	ATU	Auto tuning 用於選擇自動參數調整的調整模式，設定值說明如下： 0:插值模式，固定位置控制增益 1； 1:自動調整模式 1，普通自動參數調整； 3:自動調整模式 2，固定負載慣性力矩比參數調整； 4:手動調整模式 1，部分增益的手動參數調整； 2:手動調整模式 2，所有增益的手動參數調整。	0001	
9	RSP	Servo response 用於選擇自動參數調整時伺服軸所需達到的響應。其中，如果機器產生較大齒輪碰撞的聲音，則需減少設定值；不同設定值的改變將可改進伺服軸的性能，例如：增加設定值可減短伺服軸的響應時間。	0005	
12	GD2	Ratio of load inertia to servo motor inertia 用於設定負載慣性(慣性力矩)與伺服馬達軸的慣性力矩的比值。當自動調整模式 1 被設定時，系統將自動地使用自動參數調整的結果。	7.0	times



更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】324期・99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