

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

膠帶張力與速度控制

Tension and Speed Control in Tape Production

計畫編號：NSC86-2212-E-034-001

執行期限：85/08/01~86/07/31

主持人：黃聰耀、曾敏烈 私立中國文化大學機械系副教授

一、中文摘要

本文將模糊控制器加入遺傳演算法以控制膠帶之張力與速度，準確控制主馬達(卸解)速度並相對地控制次馬達(捲起)之速度以達準確控制張力之方法以達到提高產品品質之目的。

由於模糊控制器之參數不易調整，因此進而利用遺傳演算法全域搜尋的特性，取得控制器之最佳參數，完成控制器最佳化的設計，於張力與速度控制器的設計上實有極佳的表現。由系統模擬結果可看出本文所提出結合模糊控制器及遺傳演算法初步模擬結果相當良好，經變更系統參數，控制器之強健性亦極佳。目前正進行實驗。

關鍵詞：張力、膠帶、模糊控制

Abstract

The project is to comprehensively study a control system that can automatically adjust optimal tension and velocity of adhesive tape during production. Fuzzy logic controller is applied to control both the tape velocity and tension. In addition, Genetic algorithm is also applied to optimize the fuzzy logic parameters.

The result of this research will improve the quality of the product, and the verification of the proposed concept is undertaking by an implemented experiments.

Keywords: Tension, Adhesive, Fuzzy control

二、緣由與目的

在工廠內使用的機械設備，凡是有使用圓形的滾筒，做為生產過程中的支撐物體，都會碰到如何控制產品的張力使產品的品質外觀達到最佳的條件之問題。諸如膠帶、錄影帶、錄音帶、電線的外覆...等產品，每種產品的生產過程，都會牽涉到張力控制的問題。而此等石化類材料均具延伸性，不當的張力會產生產品寬度不一、打皺、變形，厚薄不均的現象。諸如產品之外觀、捲齊度、內層打皺、紙管變形等，皆為張力控制不良所引起的結果。因此須有精良的張力控制才能生產出好的成品。在將膠帶捲成整捆時生產過程中，內層的壓力將隨著外層的越捲越大時而增加，此時內層就會打皺、變形。有些捲好的成品，在內層處產生星狀的多角形情況，就是張力衰減不足，外層力量太人而造成嚴重的甚至會使管心變形，導致成品無法從捲軸上取下。如果張力太小尤其在內層部份，當成品取下，放置一時間後，產品會沿著軸心力向產生變形，而延伸出來產生「望眼鏡現象」。為避免此種現象，張力須隨著捲軸外徑變大而慢慢的降低，以減輕內層材料所受到的壓力。此外膠帶張力更直接影響上膠厚度，因此如何將張力控制在適當的範圍乃是能否產出優良膠帶之關鍵。早期的膠帶捲成機械一般均使用一根傳動軸，由一個較大馬力的馬達來帶動這根傳動軸，到了機器的某一位置，須要傳動滾筒時，再經由減速機就可以使滾筒動起來了。當一台機器有二個以上的動力傳動滾筒時，產品經由滾筒的帶動就會產生速度的差異，於是產品就會有太鬆、鬆緊剛好、太緊的現象產生。而這種鬆緊現象的調整，如果使用傳動軸的機

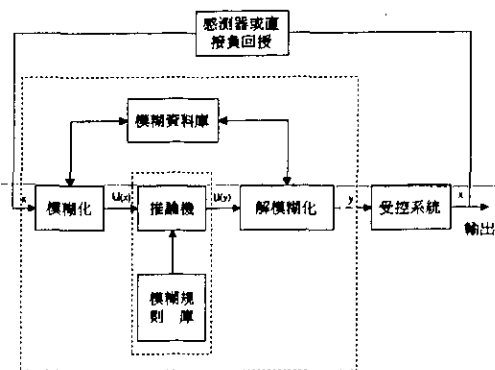
緊現象的調整，如果使用傳動軸的機器，則完全由機械的方式來改變速度差而達成，當產品某一水準後，使用傳動軸便無法突破使生產的速度和品質上的要求，於是同時使用數個乃至數拾個以上的直流伺服馬達來個別帶動滾筒的方式，可以使機器的運轉更順暢，生產速度更快。由於膠帶張力須隨著捲軸外徑變大而慢慢的降低，在相當大的速度變化下，無法準確的控制所需之張力；且會產生有害的扭力漣波。因此本計畫乃使用遺傳演算模糊控制法以控制膠帶張力與速度並探討各種與張力控制方法與張力之回授方式以尋求準確控制主馬達速度並相對地控制次馬達之速度以達準確控制張力之方法以求上膠厚度均勻，達到提高產品品質之目的。

三、研究方法與成果

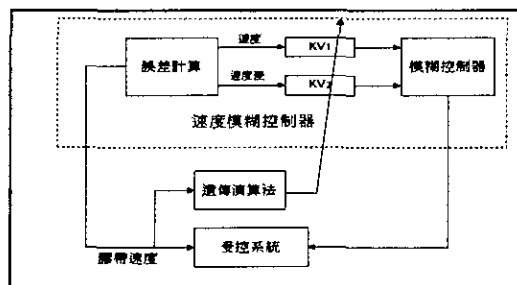
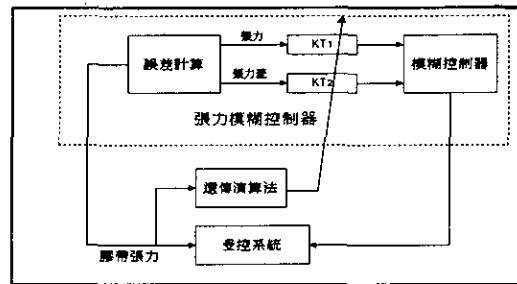
本系統包括兩個直流馬達、一個量測膠帶張力之 LVDT，與一組轉速發電機以量測膠帶之線速度。由主馬達(卸解軸)之轉速控制膠帶之線速度，而膠帶之張力由主馬達與次馬達(捲起軸)之轉速差控制。張力由 LVDT 量得 LVDT 之值乃決定於卸解馬達與捲起馬達之轉速差。膠帶之線速度，經膠帶線速度感測器(轉速發電機)取得。卸解馬達之轉速以卸解馬達之轉速發電機所產生之電壓做回授，LVDT 產生之電壓與 LVDT 之設定電壓之差作為干擾信號。控制目的：使膠帶之線速度(膠帶線速度感測器之轉速發電機之電壓)為固定值。捲起馬達之轉速以膠帶之張力(LVDT 產生之電壓)為回授信號。控制目的：使膠帶之張力(LVDT 產生之電壓)為設定值(非固定值，與捲起軸上膠帶半徑有關)。

卸解馬達與捲起馬達各分別以一模糊控制器控制之。卸解馬達之控制器輸入為轉速發電機之電壓與電壓變化。捲起馬達之控制器輸入為 LVDT 產生之電壓與電壓變化。模糊控制器參數搜尋的演算法即取遺傳演算法，來求取最佳比例因數 K_{L1} 、 K_{L2} ，整個系統的基本架構分成模糊控制器與遺傳演算兩部份：

模糊邏輯控制系統之基本方塊圖如下圖所示。



遺傳演算控制系統之基本方塊圖如下圖所示。



模糊控制器的設計步驟大致上分為下列五個步驟：

1. 選擇輸出與輸入變數。
2. 定義輸出與輸入變數之歸屬函數。
3. 設計控制器的法則庫。
4. 設計推理過程。
5. 決定解模糊化之方式。

其中，資料庫提供必要的定義以供語意控制規則之定義及模糊資料之操作；規則庫是以一組語意控制規則描述領域專家的控制目標與控制策略。

茲將張力模糊控制器與速度模糊控制器之設計參數概說如下：

張力模糊控制器：

輸入變數為：張力差與張力差之變化。

輸出變數為：捲起馬達之輸入電壓。

輸入變數之歸屬函數：三角形。

輸出變數之歸屬函數：模糊單集合(Fuzzy singleton)。

推論法則：

1. 如果張力差為正大
則輸出變數為正大
2. 如果張力差之變化為正大
則輸出變數為正大
3.

解模糊化之方式：重心法。

速度模糊控制器：

輸入變數為：速度差與速度差之變化。

輸出變數為：卸解馬達之輸入電壓。

輸入變數之歸屬函數：三角形。

輸出變數之歸屬函數：模糊單集合(Fuzzy singleton)。

推論法則：

1. 如果速度差為正大
則輸出變數為正大
2. 如果速度差之變化為正大
則輸出變數為正大
3.

解模糊化之方式：重心法。

遺傳演算法是類似於自然界優勝劣敗適者生存的一種最佳化搜尋機構，最早是由Holland於1975所提出，它能選擇物種(系統適應函數)中具較佳特性的上一母代並在同代中進行交配，以期產生較上一母代優秀的子代，經過許多代後，就能產生適應性最強的物種。利用遺傳演算法求最佳解時，須先將搜尋之參數範圍做編碼，將範圍內的值以有限長度的字串代替(精度受字串長度的影響)，再透過複製、交配、突變來搜尋出最佳參數值，在運算過程中，以系統要求的適應函數(fitness/cost

function)運算出的適應值做為物種是否繼續生存演化的依據，以下就複製、交配與突變做探討：

1. 複製：

複製是要每一物種依照其所得到的適應函數值來決定此物種複製保留給下一代個數的多寡，適應值高的在下一代要多複製保留，低的要限制複製的量，甚至加以淘汰，以提升下一代的品質。這種演化過程類似自然界的物競天擇，把不適合的品種逐漸淘汰掉，留下適應性高的物種，每一字串被送到交配池複製的法則為：

★複製的機率：

$$P_i = \frac{f_i}{\sum f_i}$$

★每一物種複製到下一子代的個數：

$$n_i = N \times P_i$$

其中 f_i ($i=1,2,\dots,N$)表每一物種的適應函數值。

意即依據每個個體的機率隨機產生與上一代相同數量的下一代。

2. 交配：

交配是依交配機率隨機選取族群中的兩個體彼此交換部份字串，組成新的字串，經由交換程序希望能產生較上一母代為佳的子代，一般是以隨機的方式產生一與族群字串長度相同的字罩 K_1 ，做為交換位元資訊的指標，當字罩 K_1 的位元為1(亦可指定為0)時，族群字串相對位置的位元就進行位元交換，隨機的交配過程可在經由複製選取適應性強的字串後，進行字串位元資訊交換，產生更佳的字串組合。交配過程如下所示：

	母代	→	子代
染色體1	111010	→	011101
樣板K ₁	100111		
染色體2	001010	→	101010

3. 突變：

突變在自然界的演化中占極重要的角色，突變是為了防止在複製與交配中，可能遺失掉某些有用的遺傳因子，使系統掉到區域最佳，而無法達整體最佳，一般突變是依突變機率取出字串，再隨機產生一相同長度的字罩K₂，做為突變的指標，當字罩的位元為1（亦可指定為0）時，族群字串相對位置的位元就進行補數運算，達到突變目的，如下所示：

染色體	111010	→	110001
樣板K ₂	001011		

遺傳基因演算法在搜尋大範圍區域有很高的效率，對最佳化設計有很大的幫助，本文即利用此演算法則，求取最佳比例因數K_{L1}、K_{L2}。比例因數的選取是要能和控制訊號轉換到受控程序的適當值域，對最後控制訊號數值有很大的影響，故輸出比例因數對系統的性能指數有極大的影響，本文利用遺傳演算法以找出最佳輸出比例因數，由電腦模擬可知此法的確提昇了系統的性能指數，且可依照使用者所需的設定的權重找出符合系統的最佳比例因數組合。

四、結論

由於模糊控制器之參數不易調整，因此將模糊控制器加入遺傳演算法進而利用遺傳演算法全域搜尋的特性，取得控制器之最佳參數，完成控制器最佳化的設計，於張力與速度控制器的設計上實有極佳的表現。由系統模擬結果可看出本文所提出結合模糊控制器及遺傳演算法初步模擬結果相當良好，經變更系統參數，控制器之強健性亦極佳。目前正進行實驗。本

之強健性亦極佳。目前正進行實驗。本計畫現正於膠帶工廠繼續進行實驗，以驗證模擬結果。預期成果將可提高膠帶產品之品質。

五、參考文獻

- [1] Ken Ishihara, Seiichi Katayama, Takeji Watanabe, Makoto, and Isamu Matsuyama, 1985, "AC Drive System for Tension Reel Control," IEEE Trans. Vol. IA-21, No. 1. pp. 147-153.
- [2] Norbert A. Ebler, Ragnar Arnason, Gerd Michaelis, and Noel D'Sa, 1993, "Tension Control: Dancer Rolls or Load Cells," IEEE Trans. Vol. 29, No.4. pp. 727-739
- [3] Gakagi, T., and Sugeno, M., 1985, "Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control", IEEE Trans. on Sys. Man, and Cyber., Vol. SMC-15, No. 1, Jan/Feb, pp. 116-132.
- [4] Kawaji, S., and Matsunaga, N., 1990, "Generation of fuzzy rules for servomotor", IEEE International Workshop on Intelligent Motion Control, Bogazici University, Istanbul, 20-22 Aug., pp. 77-81.
- [5] Li, Y.F., and Lau, C.C. 1989, "Development of fuzzy algorithms for servo systems", IEEE Control System Magazine, April, pp. 65-72.
- [6] Sugeno, M., 1985, "An introductory survey of fuzzy control", Information science, Vol. 3 6, No. 59-83, pp. 59-83.
- [7] Davis, L. (Ed.), 1991, Handbook of Genetic Algorithms, (Van Nostrand Reinhold, New York).
- [8] Goldberg, D.E., 1989, Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. (Reading, Addison-Wesley, Reading, MA)