

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

高密度激磁及磁浮軸承散熱風扇之研發

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2622-E-002-032-CC3

執行期間：91年06月01日至92年05月31日

執行單位：國立臺灣大學電機工程學系暨研究所

計畫主持人：陳永耀

計畫參與人員：顏銘憲

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫為提升產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中 華 民 國 92 年 8 月 26 日

國科會補助提升產業技術及人才培育研究計畫成果精 簡報告

學門領域：控制學門

計畫名稱：高密度激磁及磁浮軸承散熱風扇之研發

計畫編號：NSC91-2622-E-002-032-CC3

執行期間：910601~920531

執行單位：國立台灣大學電機工程學系暨研究所

主 持 人：陳永耀教授

參與學生：

姓 名	年 級 (大學部、碩士班、博士班)	已發表論文或已申請之專利 (含大學部專題研究論文、碩博士論文)	工作內容
顏銘憲	碩士班	單軸主動式控制磁浮軸承設計	磁路特性模擬與硬體實作

合作企業簡介

合作企業名稱：捷萌科技股份有限公司

計畫聯絡人：蔡銘昌總經理

資本額：1900 萬

產品簡介：影像監控系統之研發設計

網址：<http://www.gemintek.com.tw>

電話：(02)26592554

研究摘要：

目前國內電腦散熱風扇廠商已發展出專利之磁浮風扇技術，將磁浮列車的運作原理引入馬達結構之中，使扇葉轉子之重量吸附於磁浮片上，利用無負載的軸心尾端頂點與固定在金屬管底部的頂心蓋接觸，讓轉子呈現定軌定點的懸空旋轉。由於現有系統是採用被動式磁浮設計，雖可大量降低摩擦力對噪音與轉速的影響，然而軸芯尾端頂點與頂芯蓋尚有接觸點的存在，若能克服與解決此接觸點，應可增進系統性能。

為了達到無接觸式之磁懸浮與降低成本及體積，本研究之第一代架構採取混成式之單自由度磁浮設計，亦即主動與被動控制併用，利用主動控制的電磁鐵控制軸心的軸向位置，再使用兩組永久磁鐵所構成之被動軸承來提供軸心在半徑方向之回復力。經過實驗測試後，第一代之設計雖可維持軸向之懸浮，但無法應用於任意之擺放角度，因此後續又提出了新型之小型化構架設計，以降低軸心之體

積與重量，並且強化徑向回復力之強度。透過模擬之結果顯示，可大幅改善第一代設計之缺失。

人才培育成果說明：

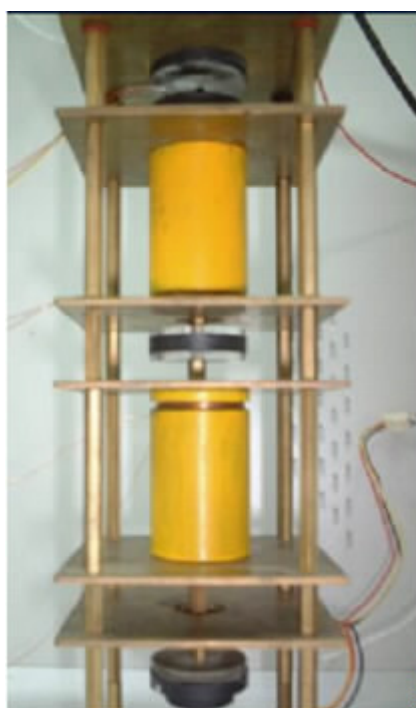
由於工業界具有極為豐富之實務經驗，若再搭配學術界擅長之學理分析工具，對於雙方人員之專長培育，恰能產生截長補短之功效。因此本計畫在人才培育成果方面，有以下之貢獻：

- 1、本團隊不定期會舉行會議，與合作廠商共同討論研究進行中所遭遇之問題與瓶頸，並交換彼此之想法與意見，藉此增加雙方人員之思考能力與創新能力。
- 2、與廠商藉由網路與電話之聯絡，本計畫可以迅速取得所需之技術資料與規格，而廠商亦可立即掌握研究之進度與問題。
- 3、在每次之會議中，均提供合作廠商研究方法之資訊與磁路模擬軟體所獲得之各項參考數據，以做為實體製作時之參考。
- 4、在實驗所需之元件與材料之取得上，廠商亦提供大大之幫助，並在硬體實作上，提供了許多寶貴之意見與經驗以供參考。
- 5、本計畫參與人員可藉由計畫之執行獲得寶貴之產品開發經驗。

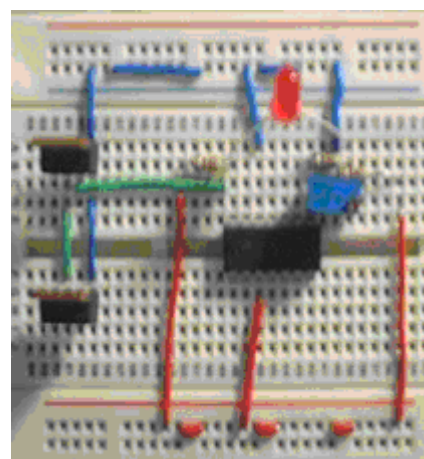
技術研發成果說明：

本計劃已設計與製作完成磁浮軸承機構與控制電路。

附圖 2 是磁浮軸承之實體圖，由一個霍爾式位置感測器、兩個電磁鐵線圈、一個致浮永久磁鐵與上下兩組徑向平衡用永久磁鐵所組成。



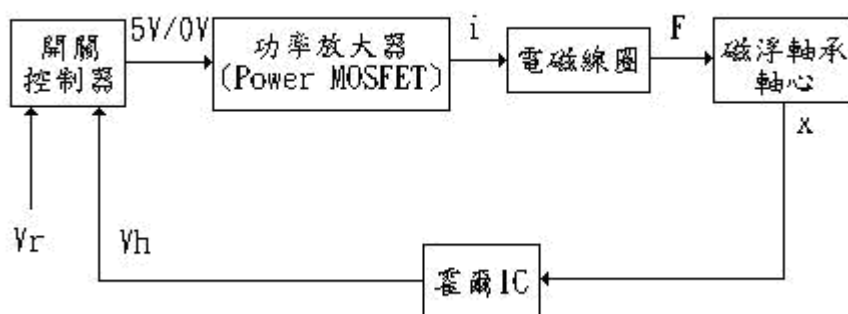
附圖 2 磁浮軸承實體圖



附圖 3 硬體電路圖

附圖 3 為完成後之硬體電路圖，包括控制電路與功率放大器。控制電路主要

由比較器、電阻與發光二極體所組成。比較器之非反相輸入電壓 V_h 為霍爾式位移感測器之輸出電壓；而反相輸入端則是參考電壓值 V_r ，由 5 伏特之電壓源經由電阻 R_2 與精密可調電阻 R_5 分壓獲得。功率金氧半場效電晶體(Power MOSFET)是功率放大器，其主要功用為將電壓轉換成電流以輸入電磁鐵線圈並可充當開關使用。磁浮軸承系統之流程方塊圖如附圖 4 所示。



附圖 4 磁浮軸承系統之流程方塊圖

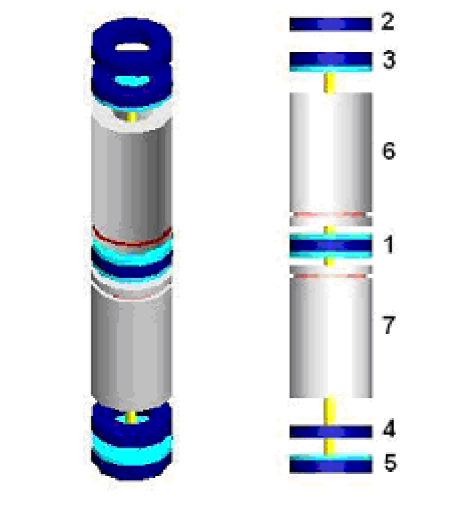
高密度激磁及磁浮軸承散熱風扇之研發計劃至目前已達到之成效與完成之成果如下所示：

- 1、磁浮軸承機構與控制電路。
- 2、軸心轉子可維持軸向之磁懸浮，且可由外部之精密可調電阻微調磁浮間距。
- 3、轉子之重量為 70 公克，可承受之負載為 79 公克(約 0.8 牛頓)。
- 4、軸承系統在靜態懸浮下，可承受 13 度之徑向傾斜。
- 5、系統之頻寬為 38KHz。
- 6、熱功率消耗僅約為 0.15W。
- 7、轉子之最大轉速 340rpm。
- 8、為強化徑向回復力與緊緻磁浮軸承之體積與重量，使其在不同傾斜角度之使用上，依然可以保持穩定之磁懸浮，後續已提出了新型小型化之磁浮軸承架構設計，並以 Ansoft 公司所出版之電磁路模擬軟體進行特性模擬分析。根據模擬結果顯示，可大幅改善第一代設計之缺點。

技術特點說明：

為了徹底解決接觸點的問題，讓轉子可達到完全之磁懸浮，勢必採取主動式之磁浮軸承設計。然而一套完整的磁浮軸承若要達到穩定，必須對多個自由度實施主動控制，至少需要五個以上的位置感測器與控制用電磁鐵(z 方向 1 個，x、y 方向各兩個)，如此不但成本上升，體積亦難以縮小，如此一來，在散熱風扇上的實現會有一定的困難。為了解決成本與體積的問題，本研究採用單自由度之磁浮軸承，亦即主動與被動控制併用，利用主動控制的電磁鐵控制軸心的軸向位置，再使用兩組相吸之永久磁鐵組所構成之被動軸承來提供軸心在半徑方向之回復力。既然採取了主動控制，感測器與控制器是不可或缺的重要元件。在感測器與控制器之選擇上，亦有同樣的考量：低成本、小體積且易於實現。因此在控制方法的選擇上，須避免使用太過複雜之控制法則而讓控制電路過於龐大，增加整

個系統實現之困難度。本研究採取簡單之開關控制法則，讓控制電路上之電子元件最少化，期待以最簡易之方式，讓主動式之磁浮軸承設計，得以應用於散熱風扇中。



附圖 1 單自由度磁浮軸承系統

本研究所設計之單自由度磁浮軸承系統如附圖 1 所示，由兩個電磁鐵線圈、一個致浮永久磁鐵與上下兩組平衡用永久磁鐵所組成。電磁鐵線圈(編號 6、7)與永久磁鐵(編號 2、4)固定於基座上，而編號 1、3 與 5 的永久磁鐵則藉由非導磁之壓克力圓板與銅軸串接以形成主軸動子。

整個系統架構可區分為兩大部份：

(1)徑向被動磁浮軸承(編號 2 與 3、4 與 5 所組成)

(2)軸向主動磁浮軸承(編號 1、6 與 7 所組成)

軸向主動磁浮軸承主要是提供垂直方向的電磁力，以支撐主軸動子的重量與徑向磁浮軸承在垂直方向的吸引力，再搭配水平方向平衡用之徑向被動磁浮軸承，來達成旋軸主軸穩定磁懸浮之功能。

在材料選擇方面，致浮永久磁石之材料特性皆與徑向被動磁浮軸承相同，均是採用濕式異向性之鋇鐵氧體永久磁石；而電磁線圈材料的選擇部份，則有下面幾點考量：

(1) 高飽和磁通密度(B_s)；

(2) 低矯頑磁力(H_c)；

(3) 低殘餘磁通密度(B_r)；

(4) 渦電流損耗亦不可太大。

如此方能產生較大的磁力與降低磁滯效應，使系統能夠快速反應。如此特性之軟

磁材料以矽鋼片最佳，然而矽鋼片需開模沖壓方得生產，成本較高且耗時，因此採用特性與矽鋼片相似，但是容易取得且易於切削加工之純鐵。

在電磁鐵線圈的設計上，線圈匝數與線徑是決定電磁鐵磁力大小的主要參數。因此有以下幾點之考量：

- (1) 為了產生足夠大之磁力，線圈繞線匝數不可太低；
- (2) 在有限的繞線空間裡，線圈線徑的選擇會影響線圈繞線匝數；
- (3) 線圈電阻值與線徑的平方成反比，線徑愈小，線圈電阻值愈大，發熱功率愈高，易導致線圈燒毀。

因此在線圈匝數與線徑之選擇上，需取得平衡。經過多次的纏繞測試，選用線徑 0.4mm 之漆包線，纏繞匝數 600 匝。

當軸心動子產生軸向偏移時，由於通過霍爾式位移感測器之磁通量發生變化，導致感測器之輸出電壓 V_h 亦跟著改變，當 V_h 值大於 V_r 時，比較器之輸出電壓為高電位(5V)，此時發光二極體逆向偏壓，而 POWER MOSFET 導通，電流由電源處灌入電磁鐵線圈以產生磁力。當 V_h 值小於 V_r 時，比較器之輸出電壓為低電位(0V)，此時光電二極體順向偏壓而發光，POWER MOSFET 關閉，切斷電磁鐵線圈內之電流而讓磁力消失。如此一來，便可藉由 POWER MOSFET 之快速開關切換以達到動子於平衡點之穩定磁懸浮之目的。

可利用之產業及可開發之產品：

完成後之高密度激磁及磁浮軸承散熱風扇之技術不但可應用於高階散熱需求之裝置上，如伺服器、投影機或音響設備等，亦可突破傳統馬達架構之瓶頸，克服其噪音、磨損與壽命不長之種種問題與缺點，製造出更省電、更靜音、壽命更長久之磁浮風扇。因此在馬達風扇領域中導入主動磁浮技術，在目前雖然有一些問題尚待克服(如體積、成本與轉速等)，然而假以時日，此項技術一旦成熟，定可改寫風扇馬達之技術里程，徹底改良傳統馬達之架構。

推廣及運用的價值：

由於風扇馬達屬於動態之元件，因此不論使用何種軸承系統，其機構難免會受到週遭環境溫度、長期重力吸引與軸承本身固有之弱勢影響，進而產生無法克服之噪音與磨損問題。再者，不論滾珠軸承亦或是含油軸承，其結構中均包含彈簧、油圈、華司等不易自動化生產之零組件，零件眾多定會增加製程之複雜性而降低良率，不易於品質穩定性之掌控。因此傳統風扇馬達有許多不易突破的缺點與瓶頸。

若將主動磁浮軸承技術引入風扇馬達中，不但可克服傳統風扇馬達高噪音、易磨損與壽命短的問題，更是一項突破傳統馬達架構之創新技術，一旦技術成熟並將之商品化，對於增加企業產值、附加價值或營利等，相信會有相當大的助益。