考慮定子與轉子鐵損之感應電動機新型向量控制器

A Novel Vector Controller for Induction Motors with Consideration of Stator and Rotor Core Losses

陳偉倫
長庚大學電機系
副教授

鄭凱懋
長庚大學電機系
研究生

黃崇華
長庚大學電機系
研究生

關鍵詞(Keywords)

- 鼠籠式感應電動機 Squirrel Cage Induction Motor
- 定子和轉子鐵損 Stator and Rotor Core Losses
- 滑差 Slip

摘要(Abstract)

鼠籠式感應電動機等效電路在忽略鐵損的狀況下除了其估測實功與實際量測實功數據無法匹配之外，也影響傳統向量控制之性能。本文之重點在於考慮定子與轉子鐵損之鼠籠式感應電動機等效電路之參數，並且設計匹配此等效電路之新型向量控制器。新型控制器可以修正傳統的間接型轉子磁場導向控制器，並計算出更精確的滑差，以獲得正確的轉子磁通鏈位置，達到解耦控制轉矩與轉子磁通鏈的目的。本案以一部 10 馬力的感應電動機進行實驗，驗證新型控制器在穩態時具有優越的實功效率，並且其暫態響應也較傳統控制器擁有更佳的控制性能表現。

The equivalent circuit of a squirrel cage induction motor (SCIM) without considering iron loss would not only lead to significant mismatch in active powers derived respectively from simulation and experiment but also deteriorate the vector control performance due to its parameter dependency. This study focuses on a novel vector controller derivation for a novel equivalent circuit of squirrel cage induction motor (SCIM) considering stator and rotor core losses. A modified indirect rotor field orientated controller based on the novel equivalent circuit is then derived to provide the

correct slip in order to track the rotor flux position for decoupling the rotor flux and torque control. A 10 HP squirrel cage induction motor (SCIM) is used for laboratory tests. The experimental results show that the modified vector controller is superior to the conventional vector controller not only in steady and transient responses but also in power efficiency.

1. 前言

電機驅動系統在先進國家占有極高的比例，根據美國政府的統計，在工業上所使用之電機驅動系統約 70 %，全美國所有電機驅動系統所消耗之總電力，工業部份約佔 47 %，民生與商業部份約各佔 20 %。而歐盟在工業界電機驅動系統所佔之比例爲 69 % [1-3]。在台灣，根據台灣電力公司的統計，2006 年至 2010 年，其用電量由 1,235 億度增加至 1,391 億度[4]，製造業用電中大約有七成電力消耗於電機系統，而電機驅動系統則占了總用電量之五成，足以顯示電機驅動系統在現代社會扮演重要的角色。

美國政府於 1980 年代提出「馬達超越計畫」(Motor Challenge Program)，並由美國國家電機製造協會 (National Electrical Manufacturers Association, NEMA)、電機電子工程師學會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)等團體組織與公共事業體一同對電機驅動系統效率進行研究，並訂立相關之規範，其中，電機電子工程師學會針對多極感應驅動系統訂有 IEEE Std 112 規範[5]。國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC)日前亦提出針對旋轉電機損失之測量方法及效率計算，並訂定 IEC 60034 進行規範[6]。由前述說明可知，美國本土所推動節能馬達，其驅動系統與提升能源使用效率之策略與方法中，系統性之能源效率提昇方案最具節能成效，因此未來美國推動提升能源使用效率，推廣節能馬達與其驅動系統之普及，都以馬達超越計畫爲執行核心，並以系統性之能源效率提昇方案爲執行策略[3]。

本案主要以新型向量控制器實現鼠籠式感應電動機之驅動控制。從新型等效模型參數假設、新型演算法測定參數、理論分析及控制器之設計以及實體電路製作，逐一驗證新型控制器之優劣。

在參數測定方面，傳統等效模型的實功與虛功估測中[7]，在超次同步運轉下，傳統等效模型所估測實功會隨者滑差變大而偏離實際量測的實功，但是估測虛功卻不會隨滑差變大而發生此誤差。爲了解決此問題，本案提出一個新型感應機等效模型，配合 MATLAB(MATrix LABoratory)軟體中的「多變量函數之最小值」對量測的實功、虛功與等效模型進行擬合，鑑別等效模型的最佳參數解。最後針對兩種等效模型做功率估測，並以實際量測功率作爲基準比較誤差。由表 1 可發現，新型等效模型相較於傳統等效模型，能在滑差變大的情況下精確的估測實功，此驗證了在新型等效模型參數較傳統等效模型參數精確可靠。

表 1　等效模型估測實功/虛功誤差比較[7]

P/Q	傳統等效模型 (%)	新型等效模型 (%)
ω_{rm}=900 rpm	14.0128/ 3.8364	6.6744/ 0.3038
ω_{rm}=1180 rpm	0.9727/ 11.0568	1.2851/ 3.5787
ω_{rm}=1500 rpm	50.0295/ 3.2907	4.9132/ 0.6252

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】386 期・104 年 5 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