



應用於電動車之 開關式磁阻馬達 電腦輔助設計與分析

Computer Aided Design and Analysis of
a Switched-Reluctance Motor
for Electric Vehicles

陳盛基

南臺科技大學
電機系
副教授

張金鋒

富田電機股份有限公司
總經理

徐銘懋

工研院機械所
控制核心技術組
先進馬達技術部

關鍵詞(Keywords)

- 電動車 Electric Vehicle
- 開關式磁阻馬達 Switched-Reluctance Motor
- 有限元素分析 Finite Element Analysis

摘要(Abstract)

隨著環保及節能議題受到高度的重視，電動車的研究亦如火如荼的展開，電動車中取代燃油引擎的主要關鍵零件為電動馬達，目前適用於純電動車的馬達中，開關式磁阻馬達又稱為切換式磁阻馬達(switched reluctance motor, SRM)，具有耐久堅實性、無碳刷、低成本及寬廣的操控速度範圍

等優點。本文利用 ANSYS MAXWELL，進行額定功率 50 kW 之電動車用 SRM 離型的設計分析。所設計的電機定轉子重量 71 kg，效率達 93.6%。

The issues of environmental protection and energy efficiency are highly concerned in recent years. Electrical Vehicles (EVs) have become a hot research topic. An electric motor for EV is the major part to replace a fuel engine. Switched-reluctance motor (SRM) might become the prime choice for the motor in electric vehicles because of some features it may has. In this paper, electric field analysis software and ANSYS MAXWELL are used to design and analyze a prototype SRM with rated power of 50 kW for EV applications. Designed motor weighs 71 kg with efficiency up to 93.6%.



1. 前言

電動馬達的優良控制性能，使得電動車具有汽油引擎車所不及的一些特點，其中最大的優點即效率高，其次為清潔、無污染，另一項重大的優點為正確掌握馬達所產生的轉矩，獲得車輪的驅動力及制動力，故路面的摩擦係數的辨識也可以輕易地完成，這些訊息可以直接用於牽引控制。此外，採用電動馬達可實現快速響應的性能，透過閉迴路控制系統的設計，可降低系統參數變異及外力干擾的影響，同時改善系統的暫態響應，並減少穩態誤差[1]。

在電動車馬達實務設計中，為了評估馬達的性能，需要同時考慮多個目標及多個約束條件。例如：所設計的馬達除了功率、轉矩及速度需滿足系統的規格外。亦要求馬達的體積盡可能小，使材料消耗減少，以降低成本。同時；馬達效率要高，亦即損耗盡可能低，以節省能源。此外，馬達亦需滿足如磁飽和及電流密度等約束條件的限制。故馬達設計為多目標函數優化的問題，需藉由電腦輔助進行設計與分析。本文首先說明磁阻電機操作之原理，其次簡述 SRM 設計流程。接著，利用 ANSYS MAXWELL 設計一組適合電動車使用之高效率、高效率 SRM，最後呈現設計的結果。

2. SRM 結構與操作原理

如圖 1 所示，為一 12/8 極 3 相 SRM 的示意圖，SRM 為一雙凸極電機，具有與可變磁阻步進馬達相似的結構特徵，然而，SRM 是依據所感測

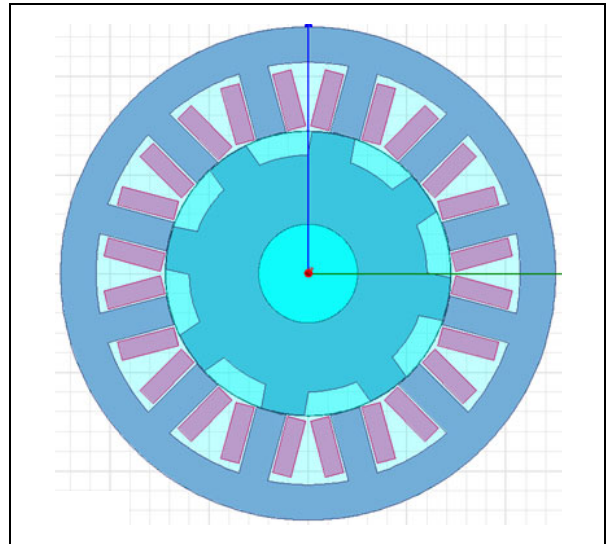


圖 1 12/8 SRM 斷面圖

之轉子絕對位置資訊進行適當的激磁，使得它擁有較高的轉矩產生能力。且因為轉子不會產生大量的熱，馬達容易冷卻，可操作於高溫及惡劣的工作環境。

SRM 電磁轉矩產生的機制，如圖 2 所示，當定子繞組 a 相激磁時，磁力線有沿磁阻最小路徑形成封閉磁回路的趨勢，迫使轉子轉動，而隨轉子轉動角度，繞組上的電感亦隨之變化，圖 2 中所顯示的為理想電感波形，當轉子磁極與定子磁極對正時，電感最大；而當轉子磁極與定子磁極不對正時，則電感最小。

當繞組通入激磁電流，鐵心之磁能與共能如圖 3 所示，由電機機械理論[2]，供應至無損失之線圈的電能等於儲存於鐵心之磁能 W_f

$$W_f(i, \theta_r) = \int i v dt = \int i \left(\frac{d\lambda}{dt} \right) dt = \int i d\lambda(i, \theta_r) \quad (1)$$

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】398期・105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

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw