



# 運用混合設計策略進行 切換式磁阻馬達之優化設計

Hybrid Design Mode for Optimal Designing  
of a Switched Reluctance Motor

**江瑞利**

高苑科技大學  
電機工程系  
教授

**謝曜陽**

高苑科技大學  
電機工程系

**謝旻甫**

國立成功大學  
馬達科技研究中心  
主任

**蔡名曉**

國立成功大學  
馬達科技研究中心

## 關鍵詞(Keywords)

- 切換式磁阻馬達 switched reluctance motor
- 轉矩漣波 torque ripple
- 田口法 Taguchi method
- 有限元素法 finite element method

## 摘要(Abstract)

轉矩漣波為衡量切換式磁阻馬達(Switched reluctance motor, SRM)性能之重要指標。而常被用於降低 SRM 轉矩漣波的策略有：(1)改變定子繞組線圈的激磁角度、(2)延遲繞組激磁截止時間、(3)調整定轉子間之弧角比值與(4)改變轉子幾何結構形狀等。然而，單獨運用上述降低轉矩漣波

策略時，SRM 之輸出轉矩與效率也會隨之下降的缺點。而本文則根據上述四種策略對轉矩漣波、輸出轉矩與效率間之影響程度，運用田口法(Taguchi method)，提出一個最適當的混合設計模式，據以優化 SRM 馬達。本文是以一部 12 槽 8 極 SRM 為探討對象，並以 3D FEM 技術進行馬達特性分析與優化程序。研發成果除可提供給產業界之參考，並可協助廠商提升其研發高效能磁阻馬達之技術能力。

Many existing design strategies for reducing torque ripples in switched reluctance motors (SRMs) are (1) changing the trigger angle of stator windings, (2) delaying the cut-off time of winding excitation, (3) adjusting the arc angle ratio between stator and rotor, and (4) improving the rotor geometry. However, the output torque or efficiency of an SRM



may decrease if only one strategy is adopted. In this paper, a hybrid design of SRM is established by the Taguchi method based on the above-mentioned four strategies for minimizing torque ripple and maximizing efficiency. A 12S8P motor is taken as a study case, and 3D finite element method (FEM) is applied to analyze the characteristics of the motor in the optimal design process. Design results show that the proposed method can achieve the design goal of a high-performance SRM for light electric vehicles.

分為:調整定轉子間之弧角比值及改變轉子幾何結構形狀等。

然而，單獨運用上述降低轉矩漣波策略時，SRM 之輸出轉矩(torque)與效率(efficiency)往往會有隨之下降之缺點[10]-[14]。因此，如何在不降低輸出轉矩與效率的限制下，技巧性的運用上述策略來達到降低 SRM 之轉矩漣波的目標，已廣為被研究[13-21]。

由於每個降低轉矩漣波策略有其優缺點，為達成馬達優化之目標，本文以(i)改變定子繞組線圈的激磁角度、(ii)延遲繞組激磁截止時間、(iii) 調整定轉子間之弧角比值與(iv)改變轉子幾何結構形狀等四個降低轉矩漣波策略基礎，運用田口法(Taguchi method)[22,23]，選取上述四個策略之最佳組合，成為一個混合設計模式(hybrid design mode)，據以優化 SRM 馬達，達到降低轉矩漣波

## 1. 前言

面對稀土元素價格與來源不穩定之際，切換式磁阻馬達(SRM)因轉子無磁石，定子採用集中繞方式，具有結構簡單、製造成本低、結構堅固可應用於惡劣環境、效率及轉矩/轉動慣量比高、轉換器結構簡單、具彈性運轉的能力與容錯性高、安全及可靠等優點，極適合做為電動車(EV)動力馬達[1]-[4]，如圖 1 所示為一個 12 槽 8 極 SRM 的結構與驅動電路架構等。

傳統的 SRM 因本身幾何結構特性，旋轉時會產生轉矩漣波(torque ripple)，進而造成震動(vibration)與噪音(noise)，因此如何降低轉矩漣波已成為研發高性能 SRM 的研究重點。又根據文獻顯示[5]-[12]，常用於降低 SRM 轉矩漣波的有效策略有二種：(i)改變驅動器控制模式使 SRM 之輸入電流更為連續，(ii)改變 SRM 之轉子與定子的幾何結構。前者又可分為：改變定子繞組線圈的激磁角度及延遲繞組激磁截止時間等；後者又可

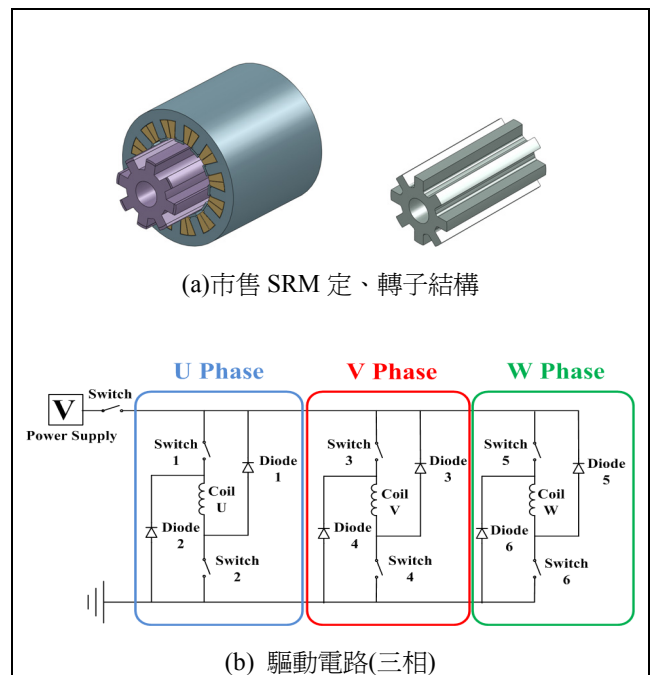


圖 1 12/8 (三相) SRM 結構

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】364期・102年7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](http://www.automan.tw)