電動車用內置式永磁馬達之 V 型轉子磁鐵配置設計

The V shape Rotor Magnet Distribution Design of Interior Permanent Magnet Motor for Electric Vehicle

關暘
Sheffield University
Electronic and
Electrical Engineering

吳敏全
工研院機械所
智慧車輛技術組
電能系統部

關鍵詞(Keywords)

- 內置式永磁馬達 Interior Permanent Magnet Motor
- 轉子磁鐵配置 Rotor Magnet Distribution
- 性能 Performance

摘要(Abstract)

本研究由工研院機械所與英國雪菲爾大學共同合作，針對機械所發展之 50 kW 車用內置式永磁馬達進行不同轉子磁鐵之配置分析，研究二種雙層磁鐵配置，包括雙 V 和三角配置，以及其幾何尺寸調整下對性能提升的影響。本研究針對轉子軛鐵肋寬進行最佳化提升扭矩輸出，並比較分析在相同之定轉子體積尺寸與磁鐵用量下，雙層(雙 V)磁鐵配置可提升整體馬達性能。

This research is completed by the collaboration between ITRI and Sheffield University in UK. Base on the 50 kW Interior Permanent Magnet (IPM) motor developed by ITRI for electric vehicle, analyzed the influence on the output performance by different rotor magnet distribution including two kinds of double-layer set, twin V shape and triangle shape, and the geometric dimension adjustment. In this research, the rotor iron rib is optimized to improve the torque output, and the motor performance can be improved by twin V shape, double-layer magnet distribution with the same rotor, stator sizes and magnet volume.

1. 前言

電動車之動力系統，為了符合車輛駕駛需求，需可於寬轉速域運作，在低轉速時提供大扭矩輸出，以對應車輛爬坡或高加速特性，以及可於高轉速運轉並提供足夠之輸出功率使車輛可高速駕駛。其中採用稀土永久磁鐵的馬達在運轉效率及功率密度上仍優於其他馬達，因此在空間受限的車輛應用環境仍多採用此類永磁式馬達。工研院機械所智慧車輛組長期投入於馬達開發，並已開發一高效率 50 kW 內置式永磁馬達，如圖 1，並輔以高效率弱磁控制，擴展操作轉速以及恆功率輸出範圍。本研究由工研院機械所與英國雪菲爾大學共同合作[1]，針對轉子之磁鐵配置進行分析，研究其對於馬達之扭矩及功率輸出的影響，期望可在不變動整體體積大小的狀態下，將馬達性能進一步提升。

2. 馬達轉子單層 V 型磁鐵配置最佳化

參考圖 2，本組發展的內置式永磁馬達採用單層 V 型磁鐵配置。在各 V 型磁鐵配置間的轉子軛鐵肋(rib)與磁橋(bridge)之寬度會直接影響直軸與交軸磁通路徑，使磁阻扭矩可能藉由二者變化而提升。其中雖然減少磁橋寬度可減少漏磁現象而提升輸出扭矩，但由於此馬達設計之初磁橋已考量機械強度，再縮小將使機械強度降低而導致變形，因此在不變磁橋的狀態下進行肋寬調整，確認是否可提升性能。參考圖 3，將肋寬於 4 mm 至 10 mm 的範圍內進行性能變化分析，可發現當肋寬增加時，最大扭矩輸出也隨之提高，但在 9 mm 處開始提升幅度趨緩，因此單層配置之最佳肋寬設定為 9 mm。

此外為了提升馬達性能，亦對磁鐵用量進行調整，期望藉由降低磁鐵用量，減少永磁磁鏈而提升弱磁控制的範圍[2]。但經分析後，發現此馬達之永磁磁鏈對相電壓之影響較低，因此從圖 4 之性能比較可知，當磁鐵用量由原本的 301 cm^3 降至 270 cm^3 時，最大扭矩下降，但恆定扭矩輸出範圍未顯著增加，因此磁鐵用量仍以原設計為主。經以上之分析，參考圖 5，最佳化後的馬達性能，提升最大輸出扭矩，而功率輸出也較原馬達優異。

圖 1　工研院機械所開發之 50 kW 車用內置式永磁馬達

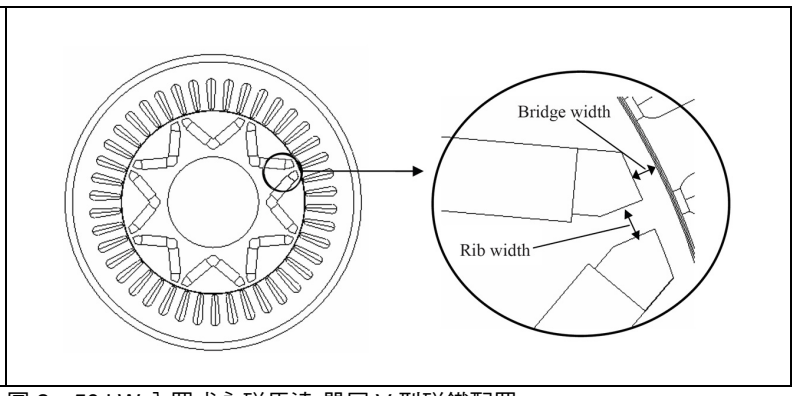

圖 2　50 kW 內置式永磁馬達-單層 V 型磁鐵配置

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】361 期・102 年 3 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