



電動車用馬達多重物理 耦合分析與驗證

Multi-Physics Coupling Analysis and Validation for EV Traction Motor

藍亦維

工研院機械所
智慧車輛技術組
電能系統部

林國楨

工研院機械所
智慧車輛技術組
電能系統部

張伯華

工研院機械所
智慧車輛技術組
電能系統部

楊涵評

工研院機械所
先進機械技術組
先進馬達技術部

關鍵詞(Keywords)

- 馬達 motor
- 耦合分析 coupling analysis
- 振動噪音 NVH
(Noise, vibration, and harshness)

摘要(Abstract)

電動車用馬達因操作範圍廣，輸出變化大，過去將電磁、熱傳與結構分別做分析之方法因無法預測溫度對材料特性的變化與電磁力對馬達NVH (Noise, vibration, and harshness)的影響，造成離型測試時才發現設計失誤，增加設計迴圈與材料成本。本論文針對馬達電磁/熱傳之耦合與馬達

結構/電磁之耦合建立分析流程，並將分析結果進行實驗比對，確認分析結果。

In the past, motor system analysis process begins with electromagnetic analysis first then followed by thermal and structure analysis. Because the EV traction motor operates in a wide range with variable output, past analysis process cannot analyze the relationship between temperature and material, and NVH (noise, vibration, and harshness) which is influenced by electromagnetic force. It not only causes that designers discover design miss after prototype test, but also increase design loop and cost. This paper builds a motor coupling analysis process for electromagnetic-thermal and electromagnetic-structural analysis. Analysis results are compared with experiment data to validate analysis models.



1. 前言

近年來，由於能源成本的高漲，以及對於環境保護議題的重視，各國對於節能減碳的要求日漸提高，日常生活食衣住行中的各式馬達電機設備，逐漸導入高效能電機，同時燃燒化學能的動力源，也逐步導入電機裝置，改善整體系統效能，特別是電動車中的電機，格外受到各車廠的重視。隨著各式高效率電力元件的開發、材料科技的進步及設計工具日漸完備，使得電機的效能進展快速，對於電機產品的要求，逐漸從效能層級提升到品質層級，產品設計的振動噪音與熱傳問題，越來越受到消費者的關注。因此，如何在設計階段進行振動噪音與溫升的評估，已成為未來產品設計的關鍵能量之一。

電動車用動力系統主要包含電池、控制器[1]與馬達，馬達做為其中的動力輸出，是重要的關鍵零組件。台灣雖為馬達的主要出口國之一，對於電動車馬達卻少有成熟的產品，其中一個很重要的原因是車用馬達之操作範圍廣，力矩和轉速的變化大，再加上馬達操作的環境較嚴苛，對於安全之要求也更高。因此馬達的設計相較於工業應用更加須要考量溫度與振動噪音之影響，確保產品品質與使用壽命。

過去馬達設計是先進行電磁設計確認性能，再針對結構外殼和熱傳機構進行設計，最終分析結構應力與熱傳性能。事實上馬達在操作上電磁、結構與熱傳是相互影響的，電磁力的變化會造成定子與外殼的變形；電磁損耗產生的熱會造成性能下降，也會造成結構受熱應力的變化。傳統馬達設計將不同物理量以一條鞭式的設計流程

分別進行的設計方法已經無法準確地預估馬達性能。為更準確地了解系統的實際狀態，近年來有限元素軟體開發商開始發展多重物理耦合分析之功能，將不同領域的分析軟體透過同一平台進行連結，藉此考量不同物理領域對系統的交互產生的影響。

本文以車用 50 kW 驅動馬達為例，分別展示電磁-熱傳與電磁-結構之耦合分析方法，並藉由分析和實驗結果的比對，確認設計方法的可行性。

2. 馬達電磁-熱傳耦合分析技術

工研院機械所發展電磁-熱傳耦合模擬分析技術，利用電磁分析軟體 Maxwell 與熱流分析軟體 Fluent 針對工研院自行開發之 50 kW 車用動力馬達建模與分析，其分析流程、數據與實驗結果詳述如下：

2.1 電磁-熱傳耦合流程

電磁-熱傳耦合模擬分析流程如圖 1 所示，藉由 Maxwell 分析出馬達的電磁損耗再匯入 Fluent 作為發熱源，而此章節的流程將著重在熱流模型的建立與設定，而馬達之電磁模擬分析則於其它章節詳述。而電磁-熱傳耦合模擬分析流程主要分為五個步驟，(1)馬達的電磁損耗分析，(2)建立馬達的熱流分析模型，(3)建立模擬模型之計算網格，(4)馬達邊界條件設定與電磁損耗耦合，(5)設定數值解法。每個步驟所需求之設計輸入如表 1 所示。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】373期・103年4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