直流無刷薄型馬達之電磁熱固耦合分析技術

Electromagnetic-thermal-structure Coupling Analysis Technology of Brushless DC Slim Motors

陳柏志
工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

鄭詠仁
工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部
經理

陳俊漢
工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

翁英哲
工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

顏鴻程
工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

關鍵詞(Keywords)

- 散熱　Heat dissipation
- 軸向磁通　Axial flux
- 耦合分析　Coupling analysis

摘要(Abstract)

本研究針對具有雙氣隙楔型定子的直流無刷薄型馬達進行其電磁與熱耦合分析，以獲得其運轉時的溫度分布，並進一步分析定轉子的熱變形對氣隙長度的影響，以做為定轉子結構設計與材料選擇的參考。為精確地計算薄型馬達的熱損失，係採用有限元素法，並以 ANSYS 軟體進行電磁熱固耦合分析，建立馬達熱分析的模擬平台。本模擬平台包含建立幾何模型，網格劃分，計算條件設定(例如初始條件或邊界條件等)，求解與後處理。由電磁的模擬結果可知所開發的薄型馬達在輸入三相電流值約為 5A 時，其銅損與鐵損的最大值分別約為 52 W 與 23 W，另外再由熱模擬分析可知當輸入電流為 5A 與空氣的自然對流係數為 10 W/(m^2·℃)時，定子的最高溫為 67.7 ℃，而馬達的外殼溫度 66.8 ℃，此時分析其熱變形，得知在此條件下與原氣隙長度相較其氣隙長度的變化量非常小。

In this research, electromagnetic-thermal coupling analysis of a brushless DC slim motor with double-side airgap stator is performed in order to obtain the motor temperature distribution during operation. In addition, the effect of thermal deformation of the stator and rotor on airgap length

is further analyzed as a reference for material selection and structural design of the stator and rotor. In order to accurately calculate the thermal loss of the slim motors, the finite element method is adopted here. Electromagnetic-thermal-structure coupling analysis is performed using the ANSYS software and a simulation platform for thermal analysis of the electric motor is built. This simulation platform includes building the geometric model, meshing, setup of calculation conditions (initial condition, boundary condition, etc.), solution, and post-processing. From the result of electromagnetic simulation of our developed slim motor, the maximum values of copper and core losses are about 52 W and 23 W when the input three-phase current is about 5A. Also, from the results of thermal simulation analysis, we obtain that the maximum temperature of the stator is 67.7 ℃ and the temperature of motor housing is 66.8 ℃ when the input current is 5 A and the thermal convection coefficient of air is 10 W/(m^2·℃). At the same time, thermal deformation is analyzed and it is observed that under these conditions the variation of the airgap length compared with original airgap length is very small.

1. 前言

目前電子產品已朝向「輕、薄、短、小」與多功能的主流趨勢，其中重要的發展關鍵就是馬達的薄型化。市面上常見的薄型馬達大多採用軸向磁通設計技術，再搭配整合繞組與驅動電路技術，因此具有比一般傳統馬達易薄型化的特色。薄型馬達因外型具扁平狀，所以適合有此特別需求的產品，例如電動自行車、光碟機、硬碟機、清掃機器、手機震動馬達、相機光學鏡頭、風扇、微泵浦等。再加上薄型馬達的應用日益擴大，已逐漸取代部份傳統馬達的市場，其重要性正與日俱增。目前節能減碳已是全球性問題，尤其是如何節省馬達的耗電量以減少能源浪費更是受到世人的關注，因此開發高效率馬達已是刻不容緩的事。其中影響馬達效能的重要因素之一，就是馬達的損失，包括銅損、鐵損、機械損與雜散損等，這些損失最終會以熱的方式呈現。若無良好的散熱則會使熱在馬達中累積造成馬達溫度過高，而使馬達產生退磁，甚至運轉失效，因此必須在散熱方面深入研究，以做爲高效率薄型馬達設計的參考。

在熱方分析方面，Vilar [1]在 2005 年曾對單面的軸向磁通永磁馬達進行熱分析，在分析中建立了集中參數熱網模型(Lumped parameter thermal network model)，其參數是由實驗獲得。之後，於 2009 年 Huang [2]針對具有軟磁複合(SMC, Soft Magnetic Composite)材料的高速馬達進行熱分析，由於馬達在高頻操作，因此鐵損(Core loss)比其他損失大，是高速馬達中主要的熱源。Huang 採用旋轉的鐵損模型，並使用有限元素法進行三維磁場的分析以精確地計算高速馬達的鐵損。在結合電磁與熱分析方面，Mezani [3]建立一模型以耦合在感應馬達中的電磁與熱現象，而 Gilson [4]則建立了可最佳化永磁同步電機(PMSM, Permanent Magnet Synchronous machines)的電磁

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】367 期・102 年 10 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