

## 知識物件上傳表

計畫名稱：多聯變頻式空調整合技術開發計畫

上傳主題：降低用於吊扇之外轉子 BLDC 馬達振動之研究分析

提報機構：財團法人工業技術研究院

提報時間：111年 03月10日

與計畫相關	■1.是          2. 否
國別	■1.國內          2. 國外
能源業務	1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等)          2.石油及瓦斯 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能等)          4.新及再生能源 ■5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門)          6.其他
能源領域	1.能源總體政策與法規          2.能源安全          3.能源供需          4.能源環境 5.能源價格          6.能源經濟          ■7.能源科技          8.能源產業 9.能源措施          10.能源推廣          11.能源統計          12.國際合作
決策知識類別	1.建言(策略、政策、措施、法規) ■2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 4.其他：
重點摘述	<p>世界能源危機刺激了能源效率和節能技術的發展，特別強調將節能技術融入到基本的家用電器中，而吊扇是溫暖地區國家經常使用的主要家用電器，通過風冷循環提供涼爽的空氣。</p> <p>傳統吊扇採用單相感應馬達來產生旋轉運動所需的機械能，而單相感應馬達的吊扇佔住宅用電量很大一部分，相較之下永磁無刷馬達（BLDC馬達）的優勢為高效率、低噪音、體積小、重量輕、升溫低與反應速度快，可用以取代感應馬達、直流有刷和步進馬達，達到節約能源之效益。該 BLDC 外轉子馬達已搭配國內吊扇廠商之60吋扇葉進行測試，唯搭配此扇葉於特定轉速下會產生振動及異音，故利用振動測試以分析馬達異常狀況，並進行更改製程抑制振動噪音的發生。</p> <p>本研究使用之外轉子永磁無刷直流(BLDC)馬達應用於吊扇於特定轉速下產生異音並帶有振動產生，故利用三個單軸加速規搭配治具以測試 BLDC 馬達切向、軸向及徑向之振動值，將三軸加速規與吊扇馬達心軸結合，利用振動測試軟體擷取各方向量測數據，並將數據以 FFT 由時域轉為頻域，數據中得到該馬達特定轉速下振動時的特徵頻率，藉由更改製程及馬達定子矽鋼片設計改善馬達振動。馬達定子矽鋼片改善後振動百分比相較於未做改善前降低10倍，並且吊扇運轉安靜無異音產生。</p>

詳細說明

一、內容

2.1 研究方法：

該外轉子 BLDC 馬達性能規格為50W 級吊扇馬達，並搭配測試吊扇60吋 5葉扇葉。根據吊扇廠商要求最低速轉速為60 rpm，最高轉速為225 rpm，其餘轉速平均分配，共需六段轉速，並且運轉時需安靜無異音，轉速對應表如表1所示。

表 1、馬達轉速對應表

轉速檔位	轉速 (rpm)	耗功 (W)
第一段	60	3
第二段	82	5
第三段	105	7
第四段	149	14
第五段	202	30
第六段	225	40

於研發階段，第五段速運轉時會產生「嗡嗡」之異音，且以手觸碰馬達心軸可以感受到明顯的振動感；為簡化實驗儀器與環境之資源使用，本研究採用測試振動之三軸加速規以進行數據量化。量測設備架設方式為在心軸先鎖附一延長桿，再利用一螺母將治具與沿長桿固定，該治具於切向、軸向及徑向分別有一個對應加速規的螺紋孔以供加速規鎖附，安裝示意圖如圖1所示。

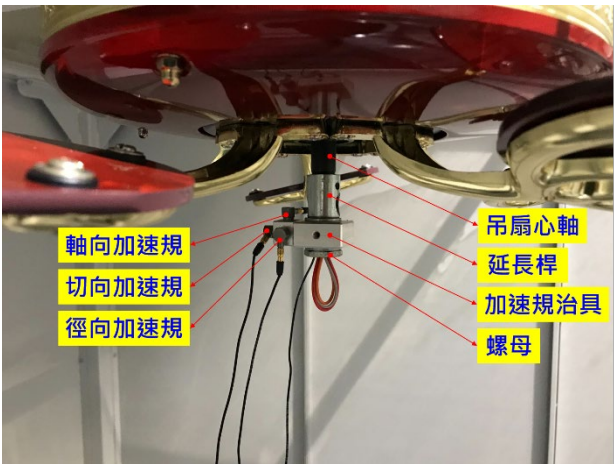


圖 1、加速規安裝示意圖

2.2 測試數據：

以下為5顆50W 級吊扇馬達搭配60吋5葉扇葉測試之各轉速檔位對應切向、軸向及徑向振動百分比統計圖，分別如圖2、圖3及圖4所示。

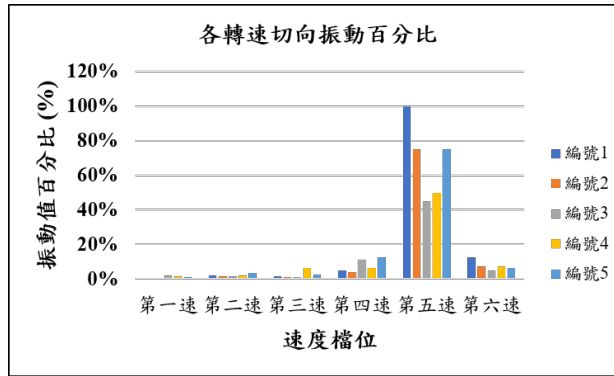


圖 2、各轉速對應切向振動百分比統計圖

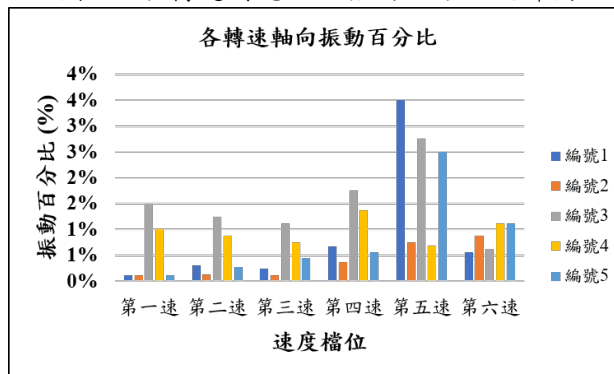


圖 3、各轉速對應軸向振動百分比統計圖

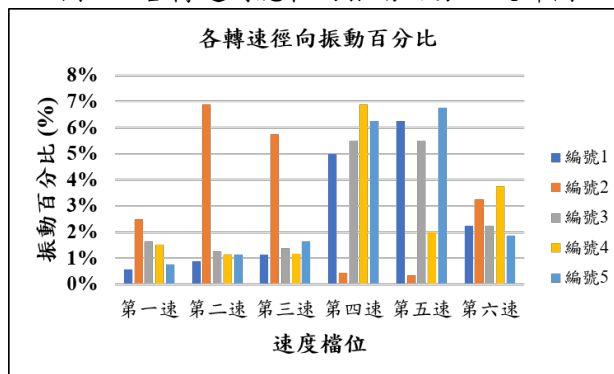


圖 4、各轉速對應徑向振動百分比統計圖

由圖2與圖3可發現第五速振動百分比相較於其它轉速高出許多，且於切向振動百分比表現最為明顯，經由實驗確認，振噪與切向振動百分比有直接關聯性，因此可藉由切向振動百分比來判別振噪問題。針對第五速進行分析，發現該轉速之振動頻率為162 Hz，為該轉速下之48倍頻。

### 2.3 改善方法：

馬達由蓋體、轉子及定子所組成，由於振動測試之量測點為心軸，而心軸與馬達定子做結合，為確認定子是否為振動來源，故將定子線圈、絕緣片及矽鋼片浸泡凡立水，進行振動測試數據分析。如圖5所示，浸泡凡立水定子相較於未浸泡凡立水定子第五速振動百分比由100 %降低為35 %，且實測吊扇馬達運轉無異音，因此可判斷第五速異音來源為定子結構所產生之振動。

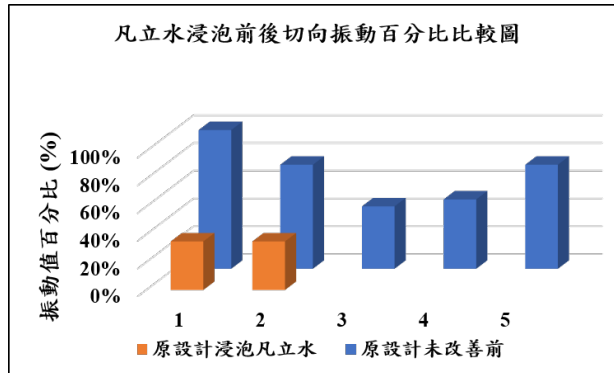


圖 5、凡立水浸泡前後切向振動百分比比較圖

如圖6所示，定子為心軸、線圈、絕緣片及矽鋼片所組成，其中鐵芯為數片矽鋼片疊積而成，矽鋼片疊積之接縫處容易出現漏磁現象，故會引發矽鋼片振動或是繞組振動之現象，而目前實驗之矽鋼片皆為針對矽鋼片軛部進行鉚合，齒部未鉚合，如圖7 (a)所示，推測為振動來源；因此另外於矽鋼片齒部增加鉚合並進行振動測試，如圖7 (b)所示。

矽鋼片改善後之定子切向振動百分比如圖8所示，此次利用改良之定子矽鋼片組立為50W 級 BLDC 外轉子馬達共29顆，其中第五速切向振動百分比範圍落在4 ~ 21 %，且沒有異音產生；相較於未改善前第五速振動百分比由100 %降低至6.29 %。

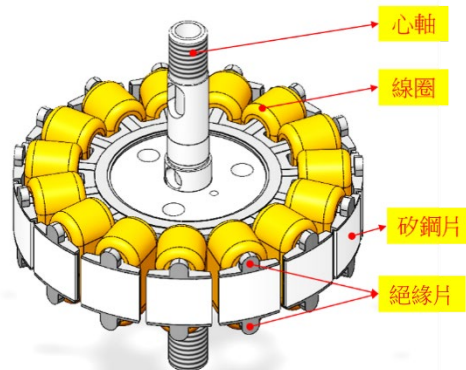
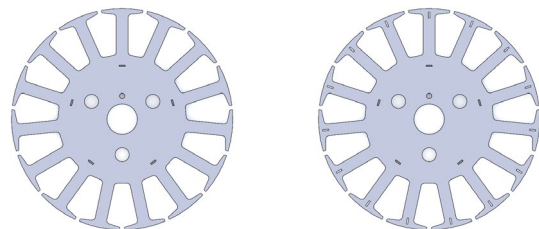


圖 6、定子結構示意圖



(a) 僅軛部鉚合

(b) 軛部及齒部鉚合

圖 7、矽鋼片鉚合示意圖

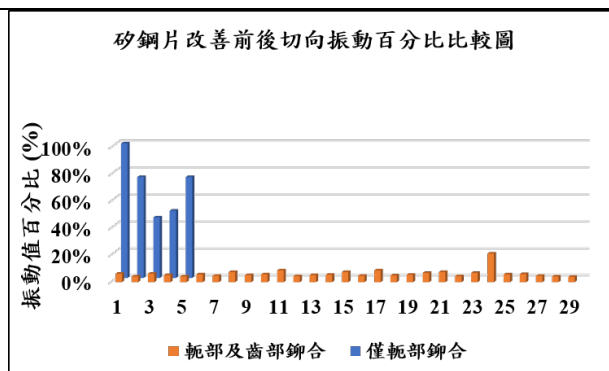


圖 8、矽鋼片改善前後切向振動百分比比較圖

## 二、結論

本研究以 BLDC 外轉子吊扇馬達振動測試進行振噪分析，確立特定轉速下振動特徵頻率，並且由製程進行實驗確立馬達振動的來源，本研究因考量到凡立水製程過於繁雜，因此從物料端之增加鉚點設計進行改善。各製程方式對應第五速切向振動平均百分比比較圖，如圖9所示，改善定子矽鋼片後之第五速切向振動百分比相較於未做改善前降低10倍；相較於凡立水製程降低4.5倍。

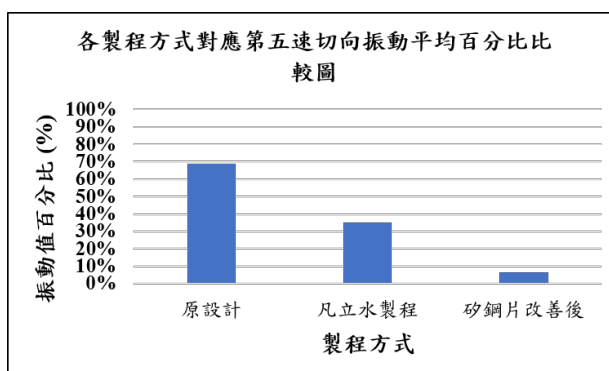


圖 9、各製程方式對應第五速切向振動平均百分比比較圖