



MW級陸域風力機 之塔架振動分析與檢測

Vibration Analysis and Monitoring of Wind Turbine Tower

吳孟儒 陳錦城

劉瑞弘 張家銘

工研院綠能所
資源應用技術組
動能與溫差發電技術研究室

關鍵詞(Keywords)

- 風力發電機 Wind Turbine
- 振動分析 Vibration Analysis
- 振動監測 Vibration Monitoring

摘要(Abstract)

本文探討風力發電機塔架會造成自然頻率差異的影響成因，包括風力機塔架組件設計參數、量測法蘭面間隙問題、建立原始設計型式風力機與具有法蘭面間隙風力機 3D 模型；以此為基礎藉由數值模擬計算風力機塔架的自然頻率理論值，同時，也詳細列出法蘭面高強度螺栓鎖固理論、實際鎖固扭力值，確保法蘭面螺栓適當鎖固兩節

塔架，並在具有間隙之風力機法蘭面進行實地非破壞性檢測，確保每顆螺栓的完整性，確保目前塔架法蘭面的結構強度不因螺栓造成影響。並進一步實際在塔架法蘭面上裝置監測系統，直接量測塔架振動數據並分析，詳細記錄長時間塔架振動頻率趨勢。

This report is about the impact factors of wind turbine tower natural frequency, including the geometry of flange gaps and all the bolts on the tower flanges. At the same time, this report investigates the wind turbine tower flange gap problem.

With regard to the original designed fundamental natural frequency, this report rebuilt a 3D model of the designated wind turbine tower from the original design specification. Also, regarding the tower 3D model with flange gaps, the survey work



and the statistical analysis of flange gaps geometry were completed. Based on these two 3D models, the 3D grid data of the vibration solution shows the difference in fundamental frequency.

Also, this report illustrates the ideal bolt torque of turbine tower. All the bolts go through non-destructive testing and the results show there is no rift on all the bolts.

This report also successfully built and designed a condition monitoring system (CMS). The detection of frequency value can be analyzed simultaneously through CMS and the system. By matching the dominant peaks in the Fourier spectra of the obtained frequency with the characteristic frequency of the tower, the wind turbine tower health status can be evaluated.

1. 前言

台灣風力發電發展已數十年，並在十幾年前開始推動大型陸域風場機組的示範計畫，目前已經有超過 300 部 MW 級的風力發電機，總容量超過 600 MW，主要分布座落在台灣西部沿海一帶，目前陸域風場運維技術已漸漸成熟，然而在運維過程中，會有非典型問題發生，因此進口風力機可衍伸更多研究議題。

大型風力機系統是由許多次大型部件、次系統所組成，包括葉片、輪轂、機艙等，次系統包含電力轉換、傳動系統、控制系統等，每部分硬體、軟體都是經過嚴謹設計與重複流程，再經過

整體整合後，才能讓風力機順利穩定的運轉發電。在風力發電機在設計過程中，除了各個元件的設計製造都必須符合規格；在運轉上時的動態監控、運轉效能與安全性更是在後續運維所需監測的重點項目，包括長期轉子運轉頻率、塔架頻率。在台灣環境中，許多自歐洲進口的風力機組設計之初並未考慮到這樣的氣候，加上運行初期，在維修保養上的經驗尚未完全建立累積，因此風力機可能會出現原廠並未考慮到的現象，例如風力機塔架之鎖固法蘭面可能出現縫隙，可能導致自然振動頻率變化而造成的重大安全事故，因此必須對於自然振動頻率的影響成因有所深入探討，了解風力機的主結構參數以及各法蘭面螺栓等議題為本文的重點對象[1]。

2. 風力機塔架介紹

大型風力發電機從外觀組件來看，一般由葉片(blades)、輪轂(hub)、機艙(nacelle)、發電機(generator)、塔架(tower)等等關鍵元件所組成，其中在機艙內還可能包含增速齒輪箱(gearbox)與其他次系統組成。其中本文所討論的塔架功用為承載葉片、輪轂、機艙、發電機所有重量，在設計流程上會依照風況與風力機容量等設計條件，訂定其高度。塔架建置在小型風力機上，並無太大問題。目前以 2 MW 以上風力機為市場主流，塔架高度也隨著容量提高而增高，高度可達 120 m 左右。

2.1 風力機基本振動影響參數

風力機主結構從地面基礎開始建造，分別

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】391期・104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

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw