



# 風力機結構負載 與共振模態之分析

Load and Modal Analysis of the Wind Turbine System

劉瑞弘

工研院機械所  
新興能源機械技術組  
風力發電設備技術部

## 關鍵詞

- 風力發電機 Wind turbine
- 負載分析 load analysis
- 模態分析 modal analysis

## 摘要

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之外；還必須考慮系統在各種操作狀態下可能承受的負載，以確保正式運行發電時，能夠因應不同的環境變化而安全運轉並存活。本文針對風力機系統所承受的負載與其特性進行介紹，並透過認證規範中的設計需求以及負載模式說明負載與振動模態分析的重要性。

A wind turbine must consider various load

condition and related modal resonance so it can operate in a safe manner and induce no resonance response. This article presents the load and modal analysis to the wind turbine system. And according to the design requirement and load condition in the international certification rule, the importance of the load analysis is introduced.

## 前言

現代的大型風力發電系統一般由葉片(Blades)、增速齒輪箱(Gearbox)、發電機(Generator)、輪轂(Hub)、機艙(Nacelle)、塔架(Tower)等等關鍵元件所組成。因此，風力機在實際運轉時，上述機組內的各個組件會因為不同的輸入，也就是風況，相互影響，進而產生不同的負載響應。也由於氣候變化莫測，使得風力系統的輸入端極不穩定，而輸出



端的電力則必須保持非常穩定，以得到好的電網電力品質。簡而言之，就是必須將不穩定之風能轉變成為穩定的電力輸出。理想上當然可以透過控制手段達到這個單一目標，但是如果還要考慮系統的安全，維持負載的穩定，那就必須考慮很多的因素才能完成一個好的設計。

為了得到能量，風力機系統結構同時必須承受各式各樣的負載，所以風力機設計不能單只考慮擷取、獲得、輸出最大的能量，還要讓系統可以達成規範所要求[1]，至少 20 年以上的壽命，並且符合經濟效益，盡可能使發電成本合理。因此風力機設計過程中必須先模擬各種狀況，進行各種不同狀態下的受力分析，以符合國際認證規範(IEC-61400)中的基本要求。

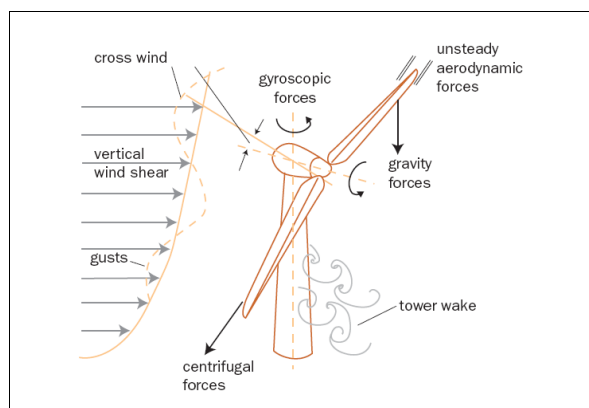
除了分析結構是否能夠承受各種負載之外，由於風力機運轉時，葉輪轉子持續的旋轉，依轉速的不同就會有不同的頻率，形成許多周期性的負載，因此會與結構中的每個元件互相影響。如果頻率有重疊，就可能引起共振的效應，對於系統就會產生很嚴重的破壞。

本文以 2MW 級的風力發電系統為對象，針對風力機所可能產生的負載與結構模態間的關係，進行模擬計算與分析，以便找出系統中發生共振的頻率。再根據此數據，進行控制器設計時的依據，使系統在運轉時可以順利避開共振頻率，正常運轉。

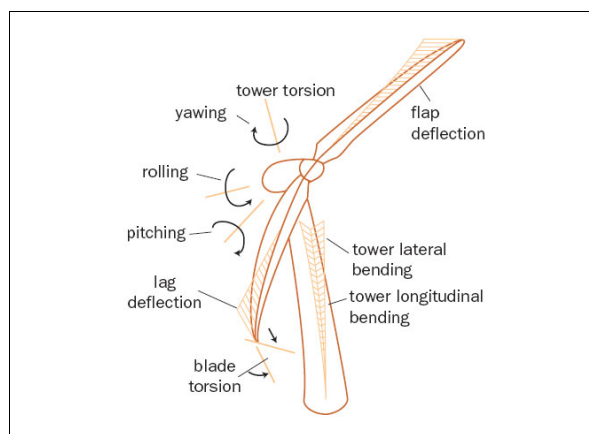
## 風力機所承受的負載

由於風力機所承受的外界環境變化非常大，各種負載同時施加在系統上，形成非常複雜的狀態，如同圖一(a)[2]所示，有重力、離心力、氣動力等，造成了如圖一(b)[2]所示葉片的變形、塔架的彎曲、扭曲等。根據這些負載來源，可以將其分類為靜態、穩態、週期、暫態、脈衝、隨機、以及共振等等負

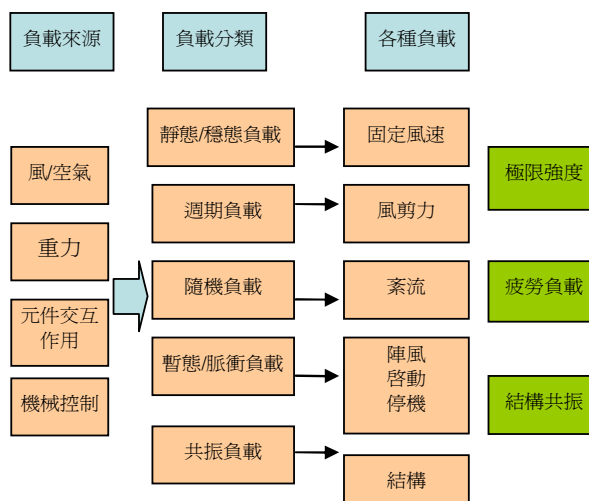
載類型，然後可以算出結構的極限強度、疲勞負載、以及共振資訊，如圖二所示。



圖一 (a)風力機所承受負載[2]



圖一 (b)風力機所承受負載[2]



圖二 風力機負載分類



更完整的內容

請參考紙本【機械工業雜誌】319期・98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