



大型風力發電機之 機電控制系統 動態模擬分析之研究

The Simulation and Analysis
of Mechatronic Control Systems for Wind Turbines

江茂雄

國立台灣大學
工程科學與海洋工程系
副教授

陳義男

國立台灣大學
工程科學與海洋工程系
教授

劉明翰

國立台灣大學
工程科學與海洋工程系

林哲民

國立台灣大學
工程科學與海洋工程系

廖啟閔

國立台灣大學
工程科學與海洋工程系

關鍵詞

- 離岸型風力發電機 Wind turbine
- 葉片 blade
- 機電控制系統 Hydraulic servo systems
- 可變螺距 pitch control
- 轉速控制 rotational speed control
- 功率控制 power control
- 轉向控制 yaw control
- 動態模擬 dynamic simulation

摘要

本文為國科會“離岸型風力發電機葉片設計之研究”整合型計劃下之子計畫“風力發電機機電控制之研究”之第一年研究成果，旨在發展風力發電

機機電控制系統模擬及分析，針對風力發電機葉片機電系統建立詳細之非線性數學模型，包含：葉片空氣動力、液壓變螺距控制(Pitch control)系統、行星齒輪增速系統、變速型發電機系統以及機艙轉向(Yaw control)系統等等，利用 MATLAB/SIMULINK 軟體進行風力發電機葉片之機電控制系統之非線性動態模擬(Dynamic simulation)分析，實現葉片變螺距控制、變轉速控制、功率控制以及機艙之轉向控制(Yaw control)，將結合國科會“離岸型風力發電機葉片設計分析”整合型計劃之研究團隊，所設計葉片翼型之空氣動力特性分析結果為基礎進行全風力發電系統整合模擬，藉由模擬實現風力發電系統運轉於低於額定風速下藉由變轉速控制，不同風速下以達成追蹤最大功率，運轉於高於額定風速下藉由液壓變螺距控制，使發電量維持額定功率輸出，實現變速型風力發電系統之特色。並針對液壓變螺距控制系統進行設計及分析，將發展創新之變轉速泵控液壓系統驅動變螺距系統，並結合現代控



制理論—具自調式模糊滑動補償之適應性模糊控制器，將推導詳細非線性模型，並模擬以實現變螺距控制系統，作為後續發展實驗研究之基礎。

The study is one of the subprojects under the project, The Blade Design and Analysis of Offshore Wind Turbines sponsored by NSC. The mechatronic control systems of wind turbines are investigated. The models and simulation analysis of mechatronic control systems for wind turbines are developed. The nonlinear models of the mechatronic control of wind turbine systems, including aerodynamic of blade, hydraulic pitch control system, speed enlarger of planet gear box, generator and yaw system...etc, are derived in detail and solved by MATLAB/SIMULINK for realizing nonlinear dynamic simulation to implement the pitch control, the variable speed control, the power control as well as the yaw control by means of combination of the results of the blades that is designed according to aerodynamics of the project “The Blade Design and Analysis of Offshore Wind Turbines”. The variable speed wind turbine systems is simulated. It can track maximum wind energy under rated wind speed by variable speed control and change pitch to adjust power above rated wind speed by pitch control. The novel mechanism of pitch control and a novel hydraulic pump-controlled servo systems driven with variable rotational speed driving system are designed and established. For that, a novel control strategy, adaptive fuzzy controller with self-tuning fuzzy sliding-mode compensation (AFC-STFSMC), is developed. The nonlinear models of the hydraulic pitch control system are derived in detail for realizing nonlinear dynamic simulation and regarded as the basis of the development in the future.

前言

風力發電已被政府列為未來重要之綠色能源，台電公司及業界，如台塑、德商英威華等公司，正積極在國內設立風力發電場，國內由於國內學界對風力發電機組之研究，仍處於開始階段，本研究計畫為『離岸型風力發電機葉片設計分析』整合型計畫之子計畫『離岸型風力發電機葉片機電控制系統之研究』，針對離岸型風力發電機葉片機電控制系統進行研究，由於離岸型風力發電機組正朝大發電容量機組(2~5MW)發展，比陸上型規模更大，而且環境氣候因素，如：風速、波浪、鹽化腐蝕等更惡劣。

風力發電機目前主要機型有：(1)定速型、(2)全葉片可變螺距型、(3)變速型等三型。(1)定速型風力發電機：最基本控制為空氣動力制車技術(Air brake)、偏航(Yaw)與自動解纜技術，由於功率輸出是由葉片性能限制，葉片的螺距角(Pitch angle)在安裝時已固定；對於風速變化引起輸出功率變化是不進行任何控制，因此電力輸出會呈現較大擾動，效率不佳且電力品質差，同時也需較粗壯的機構來承受高機械應力。(2)全葉片可變螺距型：採用可變螺距葉片(variable pitch angle blade)，葉片和輪轂以可轉動之止推軸承或特殊之回轉支撐聯結。此種風機葉片可依風速變化調整氣流在葉片之攻角，當風速超過額定風速，輸出功率可穩定保持額定功率輸出，但在額定風速以下之運轉效率仍不理想。(3)變速型：採用可變螺距葉片再加入發電機電力電子控制技術，進行發電機的功率及轉矩控制，在任何風速下運轉均以維持最佳功率輸出，達到高效率、高品質對電網輸出電力之目的。圖一為定速型與變速型功率輸出比較[1]。



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