



113學年度專題成果發表

離岸風力發電機對雷達系統干擾之分析

Analysis of Offshore Wind Turbine Interference on Radar Systems

專題生：許紘鉞 指導老師：徐明宏 教授

研究動機

探討大規模離岸風場的設置對周遭雷達系統運作可能造成的干擾。

分析風力發電機的旋轉葉片如何影響雷達系統，特別是可能導致的虛警、目標遮蔽和追蹤誤判等問題。

通過MATLAB程式模擬，研究風機塔和葉片的回波特性，以及方位角變化對雷達回波的影響。

研究方法

RCS模擬：

將風力發電機切割成小段，計算每一段的RCS貢獻，再加總求得總RCS。

使用物理光學近似計算扇葉的散射電場。

MATLAB程式模擬：

設定雷達和風機的參數，包括頻率、脈衝寬度、葉片長度、旋轉速度等。

模擬雷達系統觀測離岸風力渦輪機時，接收到的回波訊號與都卜勒頻譜，並分析其在不同方位角與極化條件下的特性

```
%% 離岸風力渦輪雷達回波模擬 (含方向角掃描與極化)
clear; clc; close all;

%% 常數
c = 3e8; % 光速 (公尺/秒)
fc = 3e9; % 雷達中心頻率: 3 GHz (X波段)
lambda = c / fc; % 波長 (公尺)

%% 雷達參數
Tp = 1e-6; % 脈衝寬度 (1 μs)
fs = 20e6; % 取樣頻率 (20 MHz)
PRF = 1e3; % 脈衝重複頻率 (1 kHz)
N_pulses = 128; % 脈衝數量
t = 0:1/fs:Tp-1/fs; % 快速時間 (單一脈衝內)
range_bins = length(t);
time_axis = t * 1e6; % 用於繪圖的時間軸 (μs)

%% 風機參數
N_blades = 3;
blade_length = 40 + 5 * rand(); % 扇葉長度在 40 到 45 公尺之間隨機變動
rotation_rate = 0.25; % 每秒旋轉次數 (0.25 Hz)
omega = 2*pi*rotation_rate; % 角速度
turbine_range = 2000; % 與風機的距離 (公尺)
range_delay = 2 * turbine_range / c; % 回波時間延遲 (秒)
delay_samples = round(range_delay * fs);

%% 掃描角與極化參數
phi_list = [0, 90, 180, 270]; % 方位角掃描
theta = 15; % 固定仰角 (度)
polarization = 'H'; % 極化設定: H 或 V
```

研究結果

風力發電機的旋轉葉片具有高雷達截面和動態反射特性，確實可能對雷達系統造成干擾。

MATLAB模擬顯示，風機塔和葉片的回波特性複雜，方位角變化會影響雷達回波的強度和頻率特性。

不同的方位角下，雷達回波的強度和分布存在差異，這反映在距離-都卜勒圖中。雷達波的極化方式會影響雷達回波的強度。

