

# 저풍속에 적합한 풍력터빈 블레이드의 설계 및 전기적 특성

이종덕  
서남대학교

## The Design and Electrical characteristics of Wind Turbine Blades for Low Wind Speed

Jong Deok Lee  
Seonam University

**Abstract :** 본 연구는 우리나라와 같은 상대적으로 낮은 풍속에 적합한 6[W]급 풍력터빈의 블레이드를 개발하고자 하였다. 풍력발전기의 출력은 풍속 및 블레이드의 회전수에 매우 의존적으로 풍속이 증가함에 따라 전력도 증가하였다. 또한, 피치각에 따라 블레이드의 회전수도 매우 다르며, 낮은 풍속 상태에서는 공기의 힘을 받는 면적이 클수록 출력특성이 좋게 나타났다. 최대출력은 피치각 10°, 풍속 5.5[m/s]일 때 3.8[W]의 출력을 보였다.

**Key Words :** Wind Turbine System, Blade

### 1. 서론

풍력발전시스템은 바람의 운동에너지를 전기에너지로 변환하는 장치이다. 현재 상용화 되어 운전되고 있는 풍력 발전시스템은 공력 및 구조적인 관점에서 다소 좋은 효율을 보이는 수평축 시스템이다. 수평축 풍력터빈의 구성물 중 풍력을 기계적 힘으로 변환시키는 부분이 블레이드인데 이는 풍력터빈의 핵심 부분으로 시스템의 출력특성 및 시스템의 경제성에도 직접적인 영향을 미치는 중요한 인자이므로 터빈효율을 증가시키는 연구가 계속되고 있다. 선진국에서 개발 판매되고 있는 소형발전기들의 정격풍속은 대부분이 12 m/s 이상이므로 년 평균 풍속이 4-5 m/s 내외인 국내에서는 설계 출력을 생산할 수 있는 날이 많지 않고, 설계 풍속보다 저 풍속에서 운용되기 때문에 효율 또한 좋지 않다. 따라서 국내의 저 풍속 기상 조건에 맞는 블레이드의 설계가 필요한 것이다.

본 연구에서는 우리나라와 같은 저 풍속에서 양호한 발전효율을 가지는 소형 수평축 풍력시스템의 블레이드를 설계하고자 하였다. 블레이드의 재질은 가격이 매우 싸고 제작이 간단한 스틸로 하였으며 블레이드 형상을 2종류로 제작하여 저 풍속에서의 출력을 비교하였다.

### 2. 실험

표 1은 제작된 블레이드의 제원으로 4.8[m/s]의 풍속에서 6[W]의 출력을 나타낼 때 이론적인 길이가 0.53[m]인 블레이드를 두 종류로 제작하였다. 일반적으로 블레이드설계 시 테이프 비는 약 1이하로 설계하였을 때 효율이 좋은 편이나 본 연구에서는 낮은 풍속 상태에서 최대의 회전력을 확보할 수 있도록 테이프 비가 2.82와 4.67을 가지는 두 종류의 블레이드를 제작하여 출력특성 시험을 하였다. 또한 블레이드의 피치각(pitch angle)은 블레이드의 회전수에 큰 영향을 미치므로 피치각을 편리하게 조절할 수 있도록 회전자허브에 나사방식으로 만들어 블레이드를 허브에 연결하였다. 그림 1은 발전기의 출력특성 측정회로로 바람은 대형 선풍기 1대를 사용하여

풍력발전기의 전기적인 출력을 측정하였다.

표 1. 블레이드의 제원

블레이드 구분	블레이드 A (RBA)	블레이드 B (RBB)
정격출력	6(W)	6(W)
회전자반경	0.53m	0.53m
허브반경	12cm	12cm
테이프비	4.67	2.82
날개폭	13.05cm	10.5cm
날개단면	호	직선
날개갯수	3	3
날개형태	호	평면

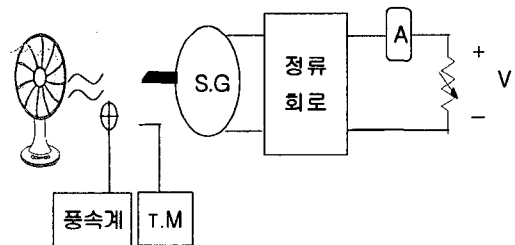


그림 1 풍력발전기 출력특성 측정회로

### 3. 결과 및 검토

풍력발전기의 출력특성은 부하의 상황에 따라 다르게 나타나므로 본 실험에서는 DC링크단에 50[W] 6Ω의 저항부하를 연결하였으며, 그림 2에 풍속과 피치각의 변화에 따른 블레이드의 회전수(rpm)에 대한 결과를 나타내었다. 풍속이 증가함에 따라 회전수도 증가한다. 그러나 블레이드 A(RBA)가 블레이드 B(RBB)보다 같은 풍속에서 높은 회전수를 나타낸다. 이는 낮은 풍속에서는 테이프비가 클수록 회전수가 증가하는 것으로 사료되며 피치각의

변화가 회전수에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. RBA의 경우 피치각이 10°에서 풍속이 5.5[m/s]일 때 회전수가 249[rpm]으로 최대를 보이며 그 이상의 피치각에서는 회전수가 급격히 낮아진다.

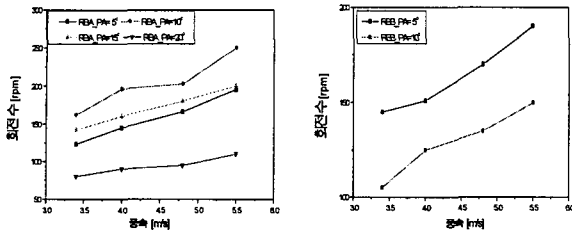


그림 2 풍속의 변화에 따른 블레이드의 회전수

그림 3은 블레이드의 회전수에 따른 출력특성으로 회전수가 증가함에 따라 발전기의 출력이 증가하고 있으며, 회전수가 약 200[rpm]이상에서는 출력이 크게 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나 200[rpm]이하에서는 발전기의 출력이 매우 낮아 실제적인 적용은 어려울 것으로 생각된다. 그러나 이 결과는 선풍기의 바람이 통하는 면적은 전체 회전면적의 1/3정도이므로 전체 회전면에 바람을 불어넣을 때는 이 결과 보다 회전수가 크게 증가할 것으로 생각된다.

그림 4는 보는 바와 같이 전체적으로 풍속이 증가함에 따라 전압 및 전류가 증가하며 따라서 전력도 증가함을 보인다. 출력은 RBA의 경우 피치각이 10°, RBB의 경우 5°일 때 최대의 특성을 보인다. 이는 낮은 풍속 상태에

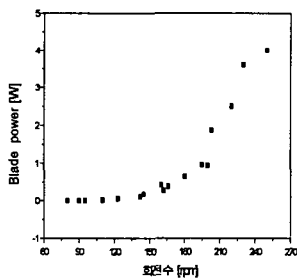
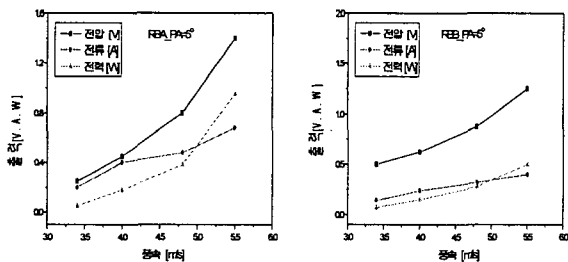
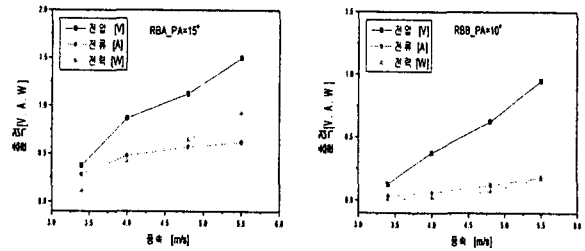


그림 3 블레이드 회전수에 대한 출력특성



(가) 피치각 5° (RBA) (나) 피치각 5° (RBB)



(다) 피치각 10°(RBA) (라) 피치각 10°(RBB)

그림 4 풍력발전기의 전기적인 특성

서는 공기의 힘을 받는 면적이 클수록 출력특성이 좋게 나타난다. 또한 출력계수도 출력특성과 증가함을 보이나 전체적으로 제작된 발전기 시스템의 효율은 매우 낮음을 알 수 있다. 최대 출력과 출력계수는 RBA의 피치각이 10°에서 나타나며 풍속이 5.5[m/s]일 때 3.8[W] 정도로 비교적 양호한 특성을 보인다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 풍속이 4.8 [m/s]에서 6[W]의 출력을 발생할 수 있도록 블레이드의 길이가 0.53[m]인 블레이드를 제작하여 블레이드의 형상과 피치각의 변화에 따른 출력특성을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

풍력발전기의 출력은 풍속 및 블레이드의 회전수에 매우 의존적으로 풍속이 증가함에 따라 전력도 증가하였다. 또한, 피치각에 따라 블레이드의 회전수도 매우 다르며, RBA가 RBB보다 높은 출력을 보였다. 이는 낮은 풍속 상태에서는 공기의 힘을 받는 면적이 클수록 출력특성이 좋게 나타나는 것을 의미한다. 최대출력은 RBA에서 피치각 10°, 풍속 5.5[m/s]일 때 3.8[W]의 출력을 보였다.

이상과 같이 제작된 풍력발전기는 블레이드의 형태와 피치각에 대해 출력이 크게 좌우되었으며 출력계수가 매우 낮아 상용화의 가능성은 희박한 것으로 보이나 기존의 블레이드 형태와는 달리 테이프브가 1 보다 매우 큰 값으로 저 풍속에서는 큰 회전력이 확보되며 보다 나은 출력이 기대된다는 점은 그 의미가 있다고 본다.

#### 참고 문헌

- [1] Derek Taylor : Report on the 5th US Biennial Wind Energy Conference & Workshop, MORDEN POWER SYSTEMS Vol.2, No.1, pp19-25, Jan/Feb, 1982
- [2] Azuma, A., Kawachi, K., Hayashi, T., and Ito, A., 1982 Application of the local Circulation Method to the Flutter Analysis of Rotary Wings, 8th European Rotorcraft Forum. Aix-뫼-Provencem France, Paper NO.3.12, Aug.31-Sep.3