

30kW급 수직/수평축 통합형 풍력발전 시스템 개발

Development of 30kW HAWT/VAWT hybrid wind power system

신 찬, 김지연, 임종연, 송승호, 노도환, 김동용

(Shinn Chan, Ji Ern, Kim, Lim Jong Youn, Seung-Ho Song, Rho Do Hwan, Dong Yong, Kim)

Abstract

A 30kW Dual rotor Turbines HAWT/VAWT combined wind turbine system that can drastically enhance the power production capability compared to conventional Single Rotor Turbine HAWT system. The combined system that takes advantage of strong point of both horizontal and vertical Axis wind turbine system developed by a venture firm : KOWINTEC of Chonbuk national university.

The HAWT/VAWT hybrid system has been successfully field tested and commercial operating since Feb. 12, 2001 in Hae-chang rest park, Bu-an county near the Sae Man-Kum Sea Dike.

This paper will briefly describe the field test results performance and a special aerodynamic structure with bevel-planetary gear box of Dual Rotor Wind Turbine system.

Key Words : wind power, wind turbine, grid-interface

1. 서 론

전세계적으로 여러 선진국에서는 앞으로 다가올 에너지 위기를 극복하기 위한 자구책을 앞다퉀 내놓고 있는 실정이다. 특히 1970년대 이후부터 국내뿐만 아니라 전세계에서 집중적으로 연구, 개발되어온 풍력에너지는 현재 대두되고 있는 “대체에너지”의 선두주자라 할 수 있다.

실제로 유럽의 경우 1970년대 오일파동 이후 꾸준히 풍력발전 설비를 늘려오고 있으며, 미국의 경우는 90년대 말부터 집중적으로 풍력 에너지 개발에 대하여 투자를 하고 있어 2001년 한해에만 설치되는 양이 약 2,000MW로 지난 2000년 유럽 전역에서 설

치한 양의 약 62.5%를 올 한해에 설치할 정도로 관심이 집중되어 있다.

반면 국내에서는 국내의 풍력에 대한 독자적인 기술은 아직도 걸음마 단계라 할 수 있다. 우리나라의 풍력에 대한 연구는 1974년 한국과학원의 이정오, 신찬팀에 의하여 최초로 2kW급 수평축 풍력발전기로부터 시작되었으며 그후 1987년 12월 대체에너지 기술개발 촉진법이 공포된 이후 활발하게 진행되기 시작하였다. 이 법은 에너지 공급 취약성의 극복과 에너지 자원의 다원화를 도모하며 장기적으로 에너지 수급안정을 기하는데 있다. 다음해에 대체에너지 기술개발 기본계획이 수립되었고, 그 중에서 풍력발전 분야에 대해서는 3단계 계획이 수립되어 2001년도 까지 중형급 풍력 발전시스템의 상용화와 MW급 풍력발전단지의 건설 및 운영을 목표로 하고 있다. 1 단계 사업 목표중 풍력자원조사는 전국 64개 기상청 산하기상관측소, 일부지역의 도서 및 내륙 일부지역에서 관측된 풍속과 풍향자료를 이용한 풍력자원 특성 분석이 한국 에너지 기술연구소에 의해 이루어져, 어느 정도의 풍력 자원량에 대한 판단을 할 수

1) (주)코윈텍
(전북 전주시 덕진구 덕진동 전북대학교
Fax : 063-255-9875
Email : cshinn33@hotmail.com)

는 있다. 그러나 지역적 조건에 크게 영향을 받는 풍력자원의 특성 때문에 아직 기초자료가 매우 부족한 형편이다.

준대형급 풍력발전시스템 개발에 있어서의 국내의 경우 70년대부터 수kW급의 낙도 독립전원용으로 개발 보급, 80년대 초부터 제주도내 14kW 기기 실증 시험 및 소형 풍력발전 기기 국산화 요소기술 개발 주력, 90년대 중반 신재생 시범단지 조성으로 중형급 풍력발전 기기의 성능시험 및 국산화 기술 개발 기반이 조성, 90년대 중반 이후 50~300kW 수직형 풍력기계 시험, 97년 이후 600,660 및 750kW 계통연계형 풍력발전기가 제주도에서 상용운전 단계이며, 97~2002년 중 중,대형급(750kW) 풍력발전 기기의 요소시스템에 대한 중점 국산화개발이 연구 진행중(회전자, 기어박스 및 발전기, 계통연계장치)이다.

특히 1단계의 사업기간 중 한국과학기술원이 소형(20kW) 수평축 풍력발전기를 국산화하려는 연구개발을 시도하였고, 2단계 사업 중에는 복합재료 분야의 전문 기관인 한국 화이바(주)가 한국형 중형급 풍력발전시스템 개발에 착수하여 다리우스형(Darrieus) 수직축 300kW 풍력발전시스템을 개발하였으나, 이미 상업화된 제품을 모방하는 수준이다. 이러한 연구개발의 목표는 여러 분야중 어떤 특정 분야를 획기적으로 개선시켜 가격경쟁력과 사후관리 및 에너지 생산 증대 등의 일정한 특징이 있어야 한다. 풍력발전 시스템은 대형화가 되어 허브높이가 높아지고 출력이 증가하면 발전단가가 떨어지므로, 현재 기술력이 확보되어 전 세계적으로 상용화 보급되고 있는 600kW급 이상의 풍력발전기가 국산화 개발 사업이 대상이 되어야하며, 이를 달성하기 위해 산·학·연 및 국제공동연구를 체계적으로 추진하여 단기간 내에 풍력발전기 국산화 기술개발을 완성시켜 관련기술을 충분히 축적하여 대형 풍력발전기 개발 및 보급기반 확립에 힘써야 할 것이다.

2. 수직/수평축 통합형 풍력발전 시스템

2.1 시스템 개요

수직/수평축 풍력발전 시스템은 수평축 발전기의 장점과 수직축 발전기의 장점을 채택한 새로운 형태의 발전 시스템이다. 기존의 수평축 발전기는 우리

나라와 같이 바람의 방향과 풍속의 변화가 극심한 풍황(風況)강도가 자주 바뀌는 곳에 적용하기에는 상부 낫셀(Nacelle)의 무게가 무거워 풍향에 빠르게 적응할 수 없다는 치명적 단점을 가지고 있다. 또한 전동모터등을 이용한 요(Yaw)시스템은 바람의 방향과 블레이드의 맞음각을 일치시키지 못할 경우 기계적 혹은 전기적 손상을 입을 수도 있다. 그리고 발전기 상부로부터 연결되어 내려오는 각종 제어전선 등은 발전기가 회전하였을 경우 같이 전선이 꼬이게 되어, 일정한 장력(Tension)이 작용할 경우 이를 다시 풀어주는 작업이 필요하게된다. 이러한 디와인딩(de-winding)작업은 발전기의 용량이 커질수록 그 자중에 의해 오랜 시간을 요하게 되며, 이때 불어온 바람은 앞에서 언급한 바와 같이 발전기에 각종 손상을 입힐 수 있다. 반면 현재 세계적으로 점점 사라지고 있는 수직축 풍력발전기는 바람의 방향에 관계없이 발전이 가능하고, 발전기를 포함한 각종 제어판등이 지상에 설치되어 있어 유지 및 보수가 용이하다는 장점이 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 초기 셀프스타팅(Self-starting)이 불가능하며, 효율이 낮다는 단점 때문에 각광을 받지 못하고 있다.

이러한 수평축과 수직축의 단점을 보완하여 본사에서는 지난 2001년 2월 19일 전북 부안군 하서면 백련리 해창섬터에 30kW급 수직/수평축 통합형 풍력발전 시스템을 설치하였다(그림 1). 주블레이드의 직경은 11m이고, 보조블레이드의 직경은 5.5m 로써 각각의 회전수는 보조블레이드가 주블레이드에 2배가 되도록 설계하였다. 또한 수직축으로부터 전달되는 회전력은 베벨기어(Bevel gear)를 통하여 90° 변환을 거쳐 이를 증속하기 위한 유성기어(Planetary gear)로 전달되어 발전기(Generator)의 입력으로 전달된다. 그리고 모든 계측설비 및 제어설비는 컨테이너박스(Container box)를 별도로 마련하여 지상에 설치하였다(그림 2).

2.2 구조적 특징

수직/수평축 풍력발전 시스템의 구조적 특징은 크게 4개가지로 나눌 수 있다. 첫 번째, 기존의 수직축 발전기와 수평축 발전기의 장점만을 통합하였다. 즉, 수평축 발전기와 같이 수평축에 블레이드를 설치함으로써 발전효율을 높였고, 수직축 발전기와 같이

발전기를 시스템 중간부분에 설치함으로써 시스템의 무게를 가볍게 하였다. 둘째, 앞에서 언급한 바와 같이 듀얼(Dual) 블레이드 형태를 채택하였다. 세번째, (그림 3)와 같이 베벨기어 및 유성기어를 특수한

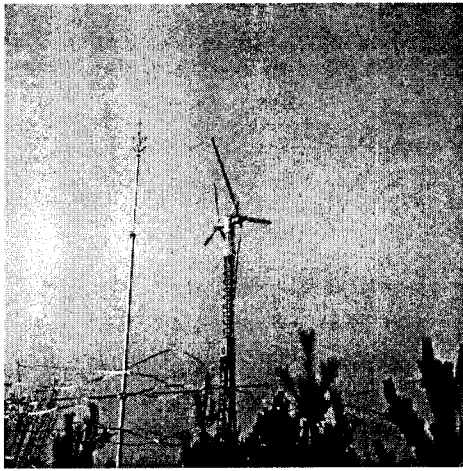
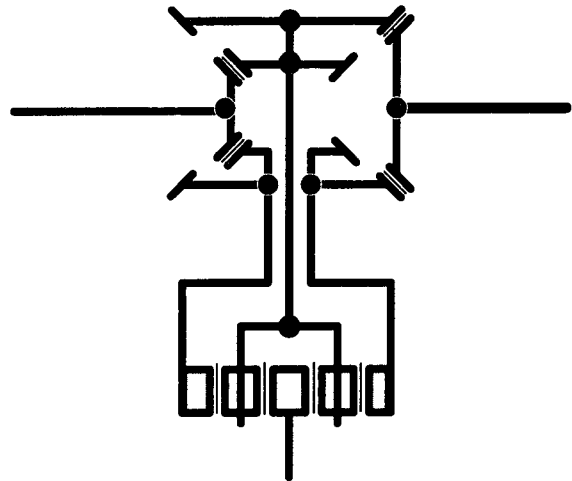


그림 1. 수직/수평축 풍력발전 시스템



그림 2. 계측설비 및 제어설비

형태로 이용하여, 같은 기어의 치수의 기어에서 기존의 약 2배의 기어 Ratio를 얻어낼 수 있다. 네 번째로는 기존의 원통형 발전기와 래치스(lattice) 형태의 타워를 통합한 형태의 타워를 채택함으로써 다운윈드 형태의 주날개에 발생할 수 있는 타워 섀도우(Tower shadow)현상을 최소화하였다.



(그림 3) 특수 베벨-유성 기어 개략도

$$\text{일반 유성기어의 기어비} : i = 1 + \frac{ZR}{ZS} \quad (1)$$

$$\text{특수 유성기어의 기어비} : i = 1 + \frac{2ZR}{ZS} \quad (2)$$

where ZR = 내치차의 치수, ZS = 태양치차의 치수

위의 식(1)은 일반 유성기어의 치수에 따른 기어비를 나타내고 있다. 그리고 식(2)는 이번 30kW급 수직/수평축 풍력발전 시스템에 사용된 특수 유성기어의 기어비이다.

2.3 공기역학적 특징

이 시스템은 (그림 1)과 같이 기존의 수평축 발전기와 같이 블레이드(Blade)를 수평축에 설치하였으나, 바람을 앞에서 받는 업윈드(Up-wind) 형태의 보조날개(Auxiliary Blade)와, 철탑 뒤편에서 바람을 받는 다운윈드(Down-wind)형태의 주날개(Main blade)를 설치함에 있어 철탑이 바람을 막는 shadow

현상을 최소화하기 위하여 특수한 구조의 lattice 철탑으로 바람에너지 이용 효율의 극대화를 꾀하였다. 즉, (그림 4)에서 보는 바와 같이 날개의 30%를 오프셋(off-set)하여도 얻을 수 있는 파워는 약 1.4%가 감소한다는 점에 착안하여, 실제 주날개의 30%를 연결봉(Extension bar)으로 연결하여 주날개의 무게 및 효율(Cp)을 높였다(그림 6).

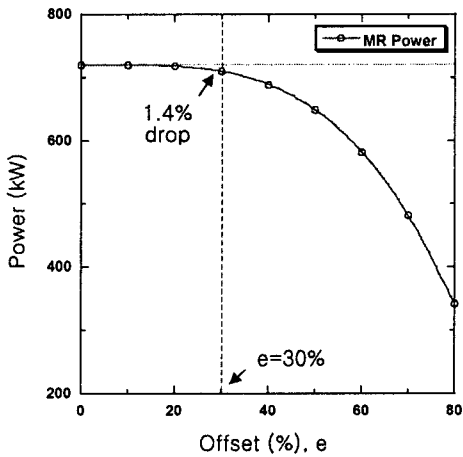


그림 4. 블레이드의 오프셋에 의한 파워곡선

또한 업윈드 형태의 보조날개는 주날개의 사각지대(Dead zone)를 보상(Compensation)하여 주날개 파워의 약 25%를 증강시켰다(그림 5).

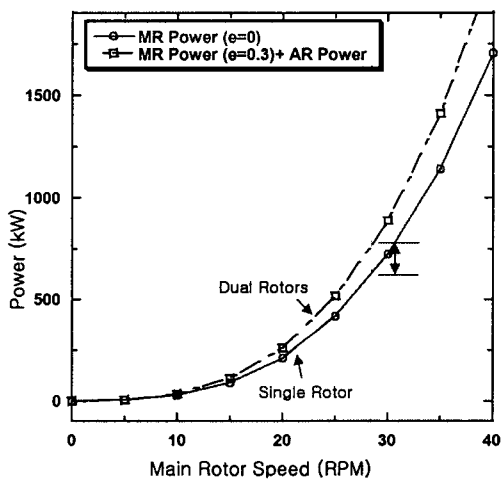


그림 5. Single rotor blade & Dual rotor blades

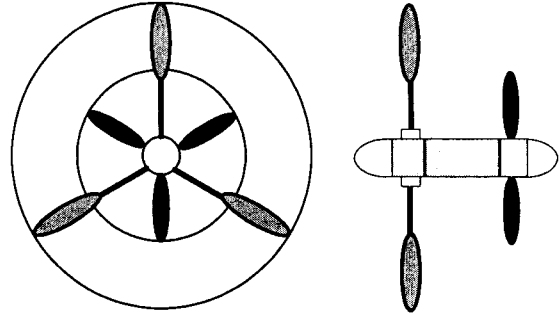


그림 6. 블레이드 개략도

3. 결 론

현재 우리나라뿐만 아니라 세계적으로 많은 나라들은 앞으로 다가올 에너지 위기에 대처하기 위한 능동적 노력이 진행되고 있다. 이러한 상황에서 이번 (주)코윈텍에서 설치한 30kW급 수직/수평축 통합형 풍력발전 시스템은 기존의 풍력발전 시스템의 단점을 보완하고, 장점만을 택하여 설계, 제작함으로써 효율을 극대화시켰다. 현재 이 시스템에 대한 효율 검증을 위한 자료를 수집하는 실험이 진행중이며, 그 데이터를 이용한 차후 좀더 정밀한 연구가 필요할 것이다.

4. 감사의 글

본 연구는 (00-지역-03)한국전력공사지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행되었음.