

## 750kW급 Gearless형 국산화 풍력발전시스템

류 지윤<sup>1)</sup>, 박 진일<sup>2)</sup>, 김 대현<sup>3)</sup>, 황 진수<sup>4)</sup>, 김 두훈<sup>5)</sup>

### 750kW Gearless Type Wind Turbine Generator System

Ji-Yoon Ryu, Jin-Il Park, Daehyun Kim, Jin-Su Hwang, Doo-Hoon Kim

**Key words** : wind turbine generator system(풍력발전기), gearless(직접구동형), variable speed(가변속), design certificate(설계인증), field test(실증연구)

**Abstract** : The first of korean 750kW gearless type wind turbine is developed. The wind turbine is designed, manufactured and tested by GE regulation and obtained the design certificate by GL. And the performance test is being performed at the demonstration site now. This paper presents the history of development and performance test for 750kW gearless type wind turbine.

#### subscrip

IEC : International Electrotechnical Commission  
GL : Germanschier Lloyd

○ 2005. 11 : 풍력발전기 설치완료(대관령 풍력실증연구단지)

○ 2006. 01 : 실증연구 착수

이와 관련하여 본 논문에서는 풍력발전시스템 개발 및 실증연구에 대하여 소개하도록 하겠다.

#### 1. 서 론

풍력은 연료전지 및 태양광과 더불어 신재생 에너지 개발 3대 중점과제 중의 하나이다. 이러한 일환으로 본 연구는 2001년 12월 에너지관리공단의 지원 하에 “750kW급 Gearless형 국산화 풍력발전시스템 개발” 사업을 착수하였으며, 현재 대관령 풍력발전단지에서 실증연구를 수행 중에 있다. 이에 대한 개발이력은 다음과 같다.

- 2001. 12 : “750kW급 Gearless형 풍력발전시스템 개발” 협약 체결(에너지관리공단, 산업자원부)
- 2002. 08 : 시스템 개념설계 완료
- 2003. 08 : 시스템 상세설계 완료
- 2004. 12 : 시제품 제작 완료
- 2005. 02 : 주요부품 성능평가 완료(발전기, 인버터, 블레이드)
- 2005. 07 : GL 설계인증 획득

- 
- 1) 유니슨(주) 기술연구소  
E-mail : jyryu@unison.co.kr  
Tel : (041)620-3410 Fax : (041)552-7416
  - 2) 유니슨(주) 기술연구소  
E-mail : parkji@unison.co.kr  
Tel : (041)620-3410 Fax : (041)552-7416
  - 3) 유니슨(주) 기술연구소  
E-mail : daehyun@unison.co.kr  
Tel : (041)620-3416 Fax : (041)552-7416
  - 4) 유니슨(주) 기술연구소  
E-mail : jshwang@unison.co.kr  
Tel : (041)620-3412 Fax : (041)552-7416
  - 5) 유니슨(주) 기술연구소  
E-mail : kimdh@unison.co.kr  
Tel : (041)620-3456 Fax : (041)552-7416

## 2. 풍력발전시스템 개발

### 2.1 개발시스템 사양

본 개발시스템은 수평축 풍력발전기로서 IEC 규격에서 정의한 IEC TC 1A(Gust wind speed: 70 m/s)에 만족하도록 설계 및 제작되었다. 출력제어는 피치제어방식을 채택하여 능동 출력제어가 가능하며, 영구자석형 동기발전기와 전력변환장치를 적용하여 가변속 운전이 가능하도록 설계하여 시스템 효율을 향상시키고 동시에 계통연계성을 향상시켰다. 또한 기어가 없는 직접구동형 동력전달방식을 채택하여 유지보수가 용이하고 신뢰성을 확보하였다. 본 개발시스템에 대한 구체적인 사양은 표 1과 같다.

Design	Rated power Cut-in wind speed Rated wind speed Cut-out wind speed Type class	750 kW 3.0 m/s 12 m/s 25 m/s IEC 1A
Rotor	Rotor diameter No. of blades Operational speed Power regulation Pitch drive Blade material	50 m 3 EA Pitch control 3 Electrical motors 3 Electrical motors GRP/Exposy
Drive train	Type Main bearing	Direct drive Spherical roller bearing
Generator	Type Insulation class	Permanent magnet IP54
Grid connection	Type Grid connection	IGBT, PWM Control AC/DC/AC inverter
Tower	Type Hub height	Tubular steel tower 50 m
Brake system	Air brake mechanical brake	Full feathering Hydraulic disc brake
Yaw system	Type Drive Yaw bearing Brake	Active yaw Electrical motor External slew bearing Hydraulic disc brake
Control system	CPU Location	PLC Controller Nacelle

### 2.3 시스템 개발절차

본 개발시스템은 설계, 제작 및 성능시험과정을 통하여 개발이 완료되었다. 그림 1은 이에 대한 Flow chart를 보여주고 있다.

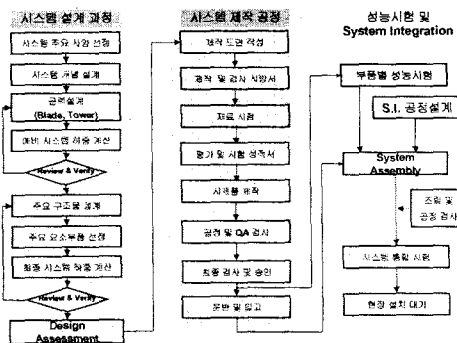


Fig. 1 Flow chart for development procedure

설계과정에서는 우선 시스템에 대한 주요 사양을 선정하고 선정된 주요 사양에 따라 개념설계를 수행하였다. 개념설계를 완료한 후에 공력설계 및 하중계산을 수행하여 이를 토대로 시스템 구조설계를 진행하였다. 구조설계가 완료된 후 주요 요소부품을 선정하였으며, 선정된 요소부품을 적용한 최종 시스템 하중계산을 수행하였다. 이러한 설계과정을 수차례 반복하여 최종적으로 설계를 완료하였다. 그림 2는 주요 요소부품에 대한 설계 및 구조계산 결과를 보여주고 있다.

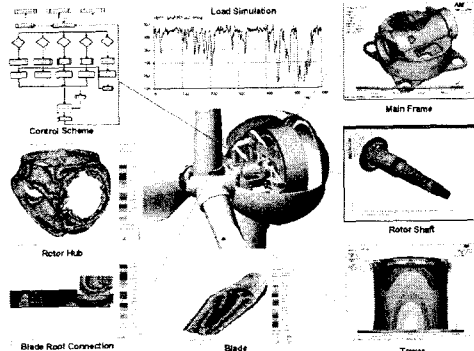


Fig. 2 Structural design and analysis

제작과정에서는 설계도면을 바탕으로 제작도면을 작성하고 재료시험 후 제작을 수행하였다. 시제품 제작기간 중에는 공정검사를 수행하였으며, 제작완료 후 자체 QA 검사 절차서에 따라서 제품검사를 실시하여 요구 품질을 만족하도록 하였다. 그림 3은 각 요소부품에 대한 제작사진을 보여주고 있다.

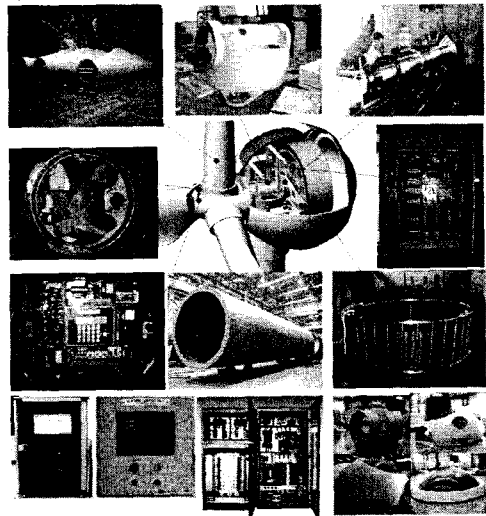


Fig. 3 Manufacturing of main component

성능시험 과정에서는 우선 부품 신뢰성을 확보하기 위하여 주요 요소부품에 대한 부품성능시험을 수행하였다. 발전기 및 전력변환장치는 국책기

관인 전기연구원에서 성능시험을 수행하였으며, 블레이드는 GL 심사관의 임회 하에 성능시험을 수행하였다. 이러한 성능시험을 통하여 부품 신뢰성을 확보 후 시스템 조립을 완료하였으며, 최종적으로 시스템 통합시험을 통하여 개발시스템에 대한 성능 신뢰성을 확보하였다.

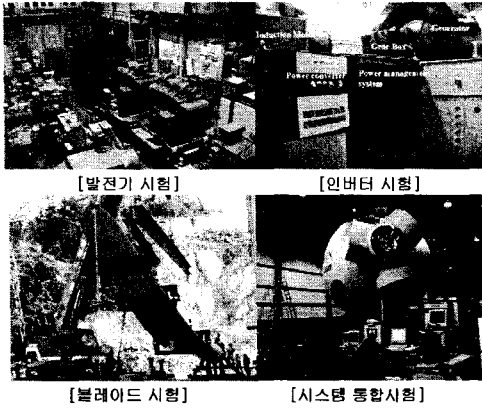


Fig. 4 Performance test of main component

## 2.4 국제 공인 설계인증서 획득

본 개발시스템은 국제 규격에 적합한 시스템 개발을 하나의 목표로 하였으며, 이에 대한 검증을 위하여 국제 공인 인증기관인 GL에 설계인증을 신청하였으며, 평가 항목은 다음과 같다.

- Load assumptions
- Safety system & manual
- Rotor blades
- machinery components
- Tubular steel tower
- Electrical equipment
- Commissioning

개발시스템은 이에 대한 평가를 통하여 2005년 6월 10일 설계인증("The statement of compliance for the design assessment of the wind turbine UNISON KBP-750D)을 획득하였다.

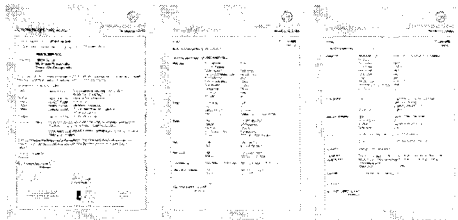


Fig. 5 Design certificate, GL

## 3. 풍력발전시스템 실증연구

본 개발시스템은 성능 실증연구를 위하여 site inspection 및 calibration을 거쳐서 2005년 11월 대관령 풍력실증연구단지에 설치되었으며, 현재

출력성능, 하중, 전력품질 및 소음에 대한 실증연구를 추진 중에 있다.

### 3.1 Site inspection

IEC 국제 기준에서는 실증연구를 위한 풍력발전기 설치에 있어서 지형 및 장애물의 영향에 대하여 규제를 하고 있다. 본 연구에서는 대관령 풍력 실증연구단지를 대상으로 지형적인 영향에 대하여 조사한 결과, 약 10 ~ 25°의 기울기 분포를 나타냈으며, 이는 site calibration이 선행되어야 하는 조건으로 조사되었다. 또한 장애물에 대한 영향을 조사한 결과 293 ~ 128°는 주변 풍력발전기 및 건물 등의 영향에 의하여 성능평가가 불가능한 영역으로 나타났으며, 129 ~ 292° 에 대하여 성능평가가 가능한 영역으로 조사되었다.

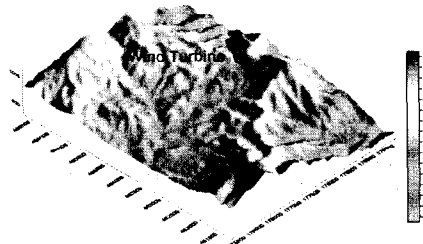


Fig. 6 Terrain map of demonstration site

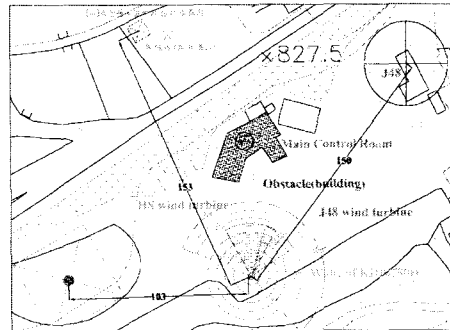


Fig. 7 Disturbance angle

### 3.2 Site calibration

Site calibration은 2005년 7월부터 약 2개월 간에 걸쳐서 수행되었으며, 방위각 250 ~ 275°에 걸쳐서 5° 간격으로 보정계수를 확보하였다.

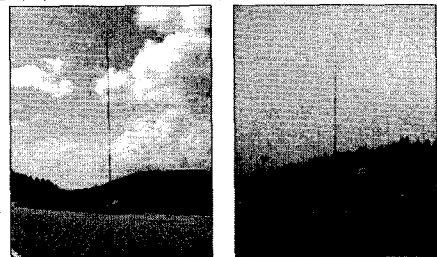


Fig. 8 Met. mast for site calibration

Run	from	to	WD	mean	Sets	Sets	Sets	Ratio	Ratio	uncertainty	Wd mean
	[m]	[m]	[m]	[m]		[# to 8-m/s]	[# to 10 m/s]	[%]	[%]	[%]	[m/s]
40	250.0	255.0	252.4		270	107	153	0.9281	0.9599	0.0234	9.144
41	256.0	262.0	257.4		521	197	324	0.9791	0.9552	0.0234	9.016
42	258.0	265.0	261.4		688	273	415	0.9775	0.9462	0.0215	8.779
43	265.0	270.0	267.4		637	240	357	1.0032	0.9387	0.0215	8.5382
44	270.0	275.0	272.1		367	145	121	1.0223	0.9248	0.0215	7.937

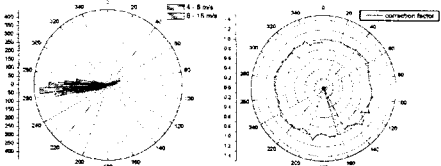


Fig. 9 Result of site calibration

### 3.3 풍력발전기 설치

Site calibration 완료 후 2005년 11월에 풍력발전기를 설치하였으며, 설치기간은 6일이 소요되었다.

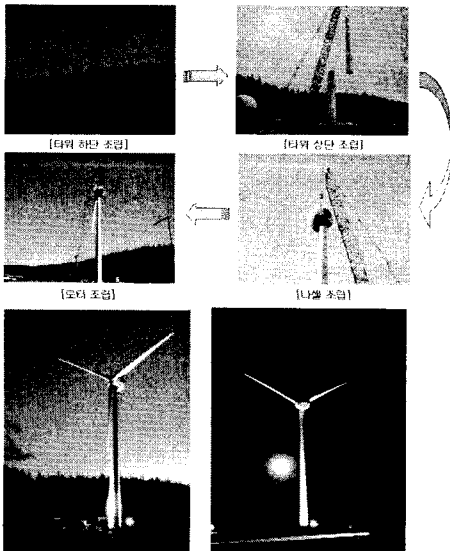


Fig. 10 Assemble sequence of WTG

### 3.4 풍력발전기 실증연구

풍력발전기 실증연구는 개발시스템에 대한 성능을 평가하기 위한 필수요소이다. 본 연구에서는 수행하고 있는 실증연구는 다음과 같다.

- 제어알고리즘 성능검증
- 시스템 요소부품 운전 신뢰성
- 출력성능
- 하중
- 전력품질
- 소음

이와 같은 성능을 평가하기 위해 본 연구에서는 계측장비에 대한 구축을 완료하였다. 우선 출력성능을 측정하기 위하여 풍속신호 및 출력을 계측하고 있으며, 블레이드 6개소, 샤프트 2개소, 타워상단 4개소 및 타워하단 4개소에 각각 strain gauge를 부착하여 각 요소에서의 하중을 측정하고 있다. 또한 전력품질을 측정하기 위하

여 전력분석기를 통하여 고조파, 플리커, 순간전압상승/강하, 및 순간정전 등에 대한 데이터 계측을 수행 중에 있다. 이와 같이 계측된 데이터들은 원격 모니터링을 통하여 운용 중에 있으며, 금년 내에 계측 및 평가를 완료할 예정이다.

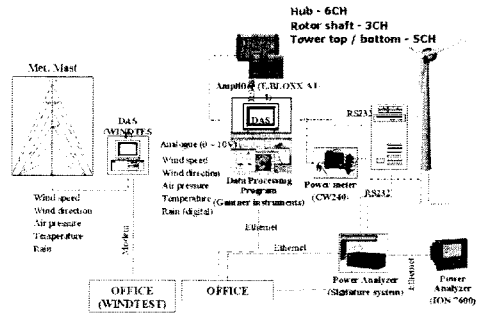


Fig. 11 Configuration of measuring equipment

## 4. 결론

본 논문에서는 풍력발전시스템의 개발 및 성능평가를 위하여 그간에 추진하였던 풍력발전시스템의 개발 및 실증연구 절차에 대하여 소개하였다. 현재에는 성능에 대한 정확한 분석을 위하여 앞서 거론하였던 실증연구 항목에 대한 측정을 지속적으로 수행 중에 있으며, 금년 내에 성능평가를 완료하여 국내 최초로 중대형급 풍력발전기의 상용화를 추진할 예정이다.

## 후기

본 연구는 에너지관리공단에서 지원하는 "750kW 급 Gearless형 국산화 풍력발전시스템 실증연구" 사업의 일환으로 수행되었으며, 에너지관리공단의 지원에 감사를 드립니다.

## References

- [1] IEC 61400-1 "Wind turbine generator systems -part 1: Safety requirement", 1999
- [2] IEC 61400-12 "Wind turbine generator systems -part 12: wind turbine power performance testing", 1998
- [3] Rules and Regulations, IV Non-Marine Technology, Part 1- wind energy, GL. 1999