

풍력발전기의 주축제어시스템 개발에 관한 연구  
A Study on Development of Main Axis Control System  
in Wind Power Generator

김진수, 유상봉 (전기설비과), 김상욱\* (인하공전 전기과)  
Jin-Soo Kim, Sang-Bong Yoo (Dept. of Electrical Facilities)  
\*Sang-Uk Kim (Dept. of Electrical Eng., Inha T. College)

Key Words : Wind Power, Wind Power Generator, Control System, Main Axis

ABSTRACT : Since there is a rotor in the upper part in conventional wind power generation system. it is difficult to install or repair wind power generation system. To solve these difficulties, new wind power generation system is proposed in this paper. We propose to control main axis of wind power generation system by motor in case of emergency. By motor drive, we can move main axis up and down. Experimental results with manufactured system show the validity of the proposed wind power generation system.

## 1. 서론

현재 각국은 석유자원의 고갈에 대비하여 태양광, 풍력, 지열, 조력 등과 같은 대체에너지의 개발에 많은 연구비를 책정하고 있으며 어느 정도 가능성이 입증되고 있다. 이 가운데 풍력발전은 미국과 유럽에서 점차로 증가되는 추세에 있으며, 여러 가지 풍력발전 시스템이 개발되어 사용되고 있다. 우리나라에서도 풍력 발전을 위한 타당성 조사가 여러 기관에서 실시되었고,<sup>(1,2)</sup> 일부 풍력발전단지가 시범적으로 운영되고 있다.

그러나 기존의 풍력발전 시스템은 풍속과 풍향의 변화가 많고 태풍과 같은 외부 환경에 상시 노출되어 있으므로 설치·유지 보수의 편리성이 있어야 함에도, 풍력발전기의 상부에 회전자와 발전기·증속기 등이 고정 설치되어 있어 유지보수가 매우 어려운 실정이다. 뿐만 아니라 시스템 건설비용이 고가여서 폭풍이나 우박과 같은 기상이변에 대하여 근본적인 방비책을 가지고 있어야 하나, 설계강도 등의 제한에 의하여 상시 파손 위험이 잠재되어 있다.

본 연구에서는 풍력발전기의 유지보수와 태풍과 같은 외부환경의 변화시 풍력발전시스템을 안전하게 대피시키기 위하여 풍력발전기의 주축을 제어하는 시스템을 개발하여, 기존의 주축이 지면에 고정되어 있는데 비하여 개발하는 시스템은 별도의 조정장치를 설치하여 주축을 지면까지 이동이 가능하도록 한다. 이를 통해 태풍, 돌풍, 기타 기상이변으로부터 풍력발전기를 지면으로 피난시켜 안정성을 향상시키고, 풍력발전기의 유지보수의 간편성과 편리성을 제공하도록 한다. 실제로 시작품을 제작하여 이와 같은 특성을 확인한다.

## 2. 기존의 풍력발전 시스템

기존의 풍력발전시스템은 그림 1과 같이 안정적이고 효율적인 시스템 운용을 위해 풍속에 따라 피치(Pitch)각 조절장치나 실속 (Stall)조절장치 등을 이용하여 회전자의 속도를 제어하고 있고, 풍향추적장치와 연계되는 요(Yaw)각 조절장치에 의해 풍향에 따라 발전기의 축 방향을 조절하여 최적의 풍력에너지를 확보하기 위한 시스템으로 구성되어 있다. 그러나 요각 조절장치에 의한 풍향추적이나 피치각 조절장치들은 상승기류나 하강기류와 같이 지면과 평행하지

않은 바람에 대해서는 고려되지 못하고 있는 실정이다.

자연풍은 계절에 따라 주된 바람의 방향이 결정되며 연간·일간 풍향에 관한 다양한 연구가 진행되어 있다. 특히 바람장미를 통한 연간·일간 풍향 분석은 풍력 발전 부지의 선정이나 풍력 발전기의 설계와 선택에 있어서 중요한 보조 지표 중의 하나로 활용되고 있다. 그러나 바람장미를 이용한 연간·일간 풍향분석을 포함한 다양한 연구들은 풍향의 평면적인 요소만을 분석한 것으로 지면과 바람이 수평으로 진행된다는 가정 하에서 분석한 것이 대부분이다. 실제로 자연풍은 지형지물 등의 영향을 받아 지면으로부터 상승하거나 하강하는 경우가 많고, 자연계상의 바람의 발생의 원인이 대류에 의한 열의 순환이기 때문에 상승기류와 하강기류가 존재한다는 것은 주지의 사실이다.

따라서 바람의 수직적 요소에 대한 최적의 동력변환을 가능하도록 하여 에너지 밀도가 낮은 풍력을 이용하는 풍력발전시스템의 효율을 높여주기 위한 별도의 장치가 요구되는 실정이다. 또한 풍력발전시스템은 잦은 풍속과 풍향의 변화 및 많은 외부 변수에 노출되어 있으므로 설치 및 유지보수의 편리성이 있어야 함에도 불구하고 현재 보급되어 있는 대부분을 차지하는 수평축 풍력발전시스템의 경우 발전기의 회전자와 몸체가 높은 발전기 기둥의 상부에 위치하고 있는 등 설치 및 유지보수에 어려움이 많은 실정이다.

또한 기존의 풍력발전시스템은 시스템 투자비용이 고가임에도 불구하고 폭풍이나 허리케인 같은 비정상적인 기상이변에 대하여 근본적인 방비책을 갖추지 못하고 있다. 1998년 IEA R&D Wind Annual Report에 의하면 독일의 풍력발전기 중 10퍼센트가 과속풍에 의하여 기능이상을 보였고, 최근 들어 지구 환경 생태계의 급속한 훼손에 따른 기상이변의 발생빈도가 높아지고 있는 추세로 향후 풍력 발전시스템의 근본적인 방비책이 더욱 요구되고 있는 실정이다



Fig. 1 Conventional wind power generation system

### 3. 개발된 풍력발전 시스템

본 연구의 목적은, 앞 절의 풍향자원의 불규칙적인 요소에 대하여 효율을 높일 수 있는 주축 제어 풍력발전시스템을 제공함과 동시에, 수평축 풍력발전시스템의 설치 및 유지보수를 용이하게 하기 위하여 발전기의 회전자와 몸체를 지면에 내리기 용이한 도구를 제공하는데 있으며, 기상이변이나 강풍시에 근본적으로 풍력발전기의 본체를 대피시킬 수 있는 대피방법을 제공하는데 있다. 이를 구현하기위해 시퀀스제어기술을 이용하였다.<sup>(3,4)</sup>

#### 3. 1 풍력발전기 주축제어시스템의 구성

상기의 목적을 달성하기 위하여 풍력발전기의 주축제어시스템을 개발하였다. 제안된 풍력발전 시스템은 그림 2 및 그림 3과 같다. 풍력발전기의 주축타워(3) 상부에 회전자(1)와 발전기(2)로 구성된 발전기몸체를 구성하고, 주축타워(3) 하부에는 발전기몸체와의 중량균형을 위하여 무게추(4)를 부착하고, 주축타워(3)의 무게 중심점에 수평으로 연장되는 주축타워의 수평회전축(5)을 구성한다. 주축타워의 수평회전축의 측단에는 리미트스위치(7)와 스위치조절 핀(8)으로 구성된 브레이크 장치를 구성하여 제어박스(9)에 연결시키고, 회전속도 제어를 위해 기어비에 의한 대기어(6)를 부착하고, 수평회전축의 끝단에 베어링을 부착하여 베어링결합체(10)와 연결시킨다.

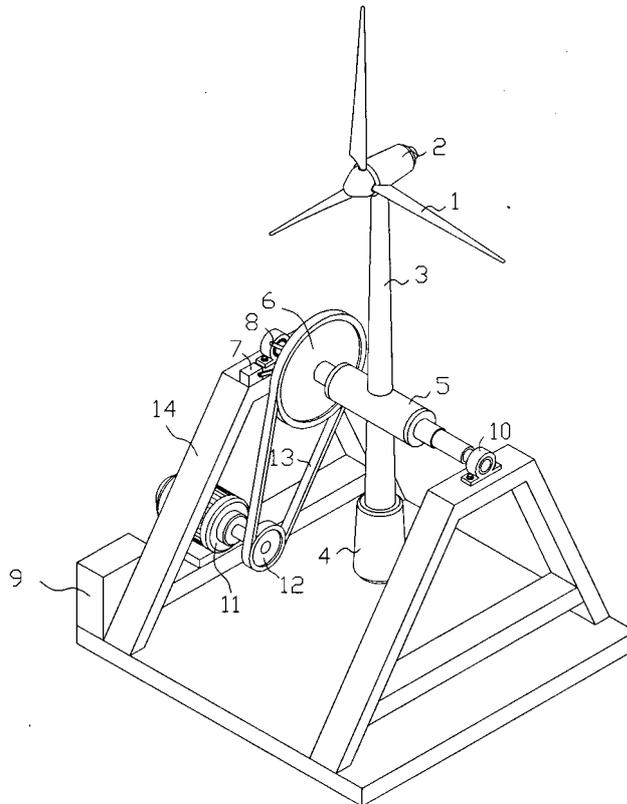


Fig. 2 Proposed wind power generation system ( normal state )

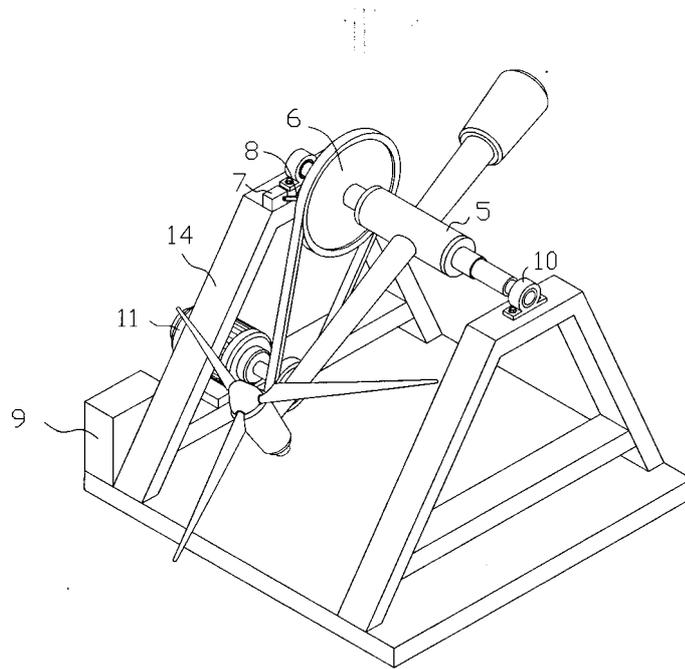


Fig. 3 Proposed wind power generation system ( emergency state )

풍력발전시스템의 하부는 기초공사 위에 세워진 다수의 철주(14) 하부에 축조정전동기(11)를 설치하고, 축조정전동기(11)의 출력단에 소기어(12)를 구성하고, 벨트(13)를 이용하여 주축타워(3) 중심부에 수평으로 연장된 수평회전축(5)의 대기어(6)와 연결시킨다. 다수의 철주(14) 상부에는 베어링결합체(10)를 구성하여 수평회전축(5)의 끝단을 연결하고 철주(14)의 측단에 시스템을 제어할 있는 제어박스(9)를 구성하여 풍력발전 주축제어시스템을 구성한다.

### 3. 2 기능 및 작용

본 연구에서는 상기한 무게추(4)에 있어서 풍력발전기의 주축타워(3)의 하부에 무게추(4)를 부착함으로써 풍력발전기의 주축 조절에 드는 동력을 줄일 수 있으며 리미트스위치(7)와 스위치조절 핀(8)을 이용한 제동으로 정해진 각도에 대한 자동제어가 가능하며 제어박스(9)에 구성된 수동스위치에 의해 임의의 각도에 대한 수동제어가 가능케 된다. 또한, 주축제어 회전속도에 대한 조절은 축조정전동기(11)의 출력단에 연결된 소기어(12)와 수평회전축(5)에 구성된 대기어(6)의 기어비에 의한 조절으로 회전속도를 조절할 수 있게 된다.

또한 풍향의 수직적인 특성에 따라 회전자의 회전축과 지면의 축에 변화를 두어 풍향의 수직적 요소를 감안한 최적의 동력변환효율을 나타낼 수 있는데 풍향의 수직적 요소의 분석에 따라 축조정전동기(11)를 미세하게 조절하여 최적의 회전자 위치를 추적할 수 있다. 풍향의 수직적 요소의 분석에는 여러 개의 풍향계가 설치된 풍향타워에서 얻어진 데이터를 이용하거나 바람의 수직적 요소의 분석이 가능한 풍향계 등을 설치하여 그 데이터를 제어장치에 전송하여 조정한다.

### 3. 3 실시 예

개발된 풍력발전 주축제어시스템의 바람직한 실시 예들을 설명하면 다음과 같다.

그림 1은 제주도 여미지식물원에 설치된 기존의 풍력발전 시스템이다. 풍력자원은 전세계 어디나 존재하는 부존자원이지만, 경제성 있는 풍력자원을 연중 안정적으로 확보할 수 있는 지역에 설치 가능한 제한이 있어 가능한 최대자원을 획득하기 위한 최근의 경향은 풍력발전기를 대형화 제작하는 추세이다. 따라서 설치 및 유지보수가 매우 난해하여 지고 있는데 주로 거대한 타워 크레인 및 헬리콥터를 이용해 설치하거나 발전기 기둥을 승강기 구조로 제작하여 회전자가 연결되어 있는 발전기 몸체를 이동하여 설치하는 등 복잡한 과정으로 설치되고 있다.

그림 2는 제안된 풍력발전 시스템의 정상동작시의 외관으로 풍력이 지면에 평행인 환경일 때의 모양이고, 풍력자원이 지면과 평행이 아닌 환경 하에서는 하단의 축조정진동기를 구동하여 주축이 지면과 일정한 각도를 이루도록 하여 정지시키고 풍력발전기를 동작시킨다.

그림 3은 기상 이변시 풍력발전기를 보호하고 풍력발전시스템의 유지보수를 위해 주축을 조정하여 풍력발전기가 지면에 가깝게 조정한 모양이다. 리미트스위치를 이용하여 정해진 각도에 주축을 내린 상태를 나타내는 사시도로 임의의 정해진 각도에 위치한 스위치조절 편이 리미트스위치를 제어하여 주축을 정지시킨 상태를 나타내고 있다.

### 3. 4 효과

제안된 풍력발전기의 주축제어시스템은 수평축 풍력발전시스템의 주축의 각도를 조절하여 바람의 수직적인 요소에 대한 동력변환 효율을 높여 시스템의 운용 효율성을 향상시킴은 물론, 설치 및 유지보수를 매우 용이하게 하여 그 편리성과 기상 이변시 근본적으로 풍력발전시스템을 보호할 수 있는 안전성을 제공할 수 있다.

## 4. 연구개발 결과

본 연구에서 개발된 풍력발전기의 주축제어시스템에 대하여 실제로 시작품을 제작하여 정상 동작시 그리고 기상 이변시와 유지보수와 같은 비상 동작시를 고려하여 실제로 실험을 실시하였다.

그림 4는 제작된 풍력발전 시스템의 정상시 동작을 나타내는 것으로 (a)는 정면, (b)는 옆면으로 기존의 풍력발전기와 같이 동작된다. 그림 5는 제작된 풍력발전 시스템의 비상시 동작을 나타내는 것으로 기상 이변시 주축을 제어하여 풍력발전기 부분을 안전하게 지면에 대피시킬 수 있으며 또한 유지보수도 할 수 있다.

따라서 본 연구개발에 따라 기대되는 성과는 다음과 같다.

- ① 소형 풍력발전기의 설치 및 유지보수의 편리성 제공
- ② 기상상태 변동시 풍력발전기의 안정한 피난 제공
- ③ 풍력발전기의 안정적·장기적 운용 가능
- ④ 풍력발전기 설치 및 운용 비용 감소에 따른 풍력발전기의 보급 확대



(a)



(b)

Fig. 4 Manufactured wind power generation system ( normal state )



(a)



(b)

Fig. 5 Manufactured wind power generation system ( emergency state )

## 5. 결론

본 연구에서는 풍력발전기의 주축제어시스템을 개발하였다. 기존의 풍력발전 시스템은 풍력발전기의 상부에 회전자와 발전기·증속기 등이 고정 설치되어 있어 설치 및 유지보수가 어렵고, 태풍과 같은 외부환경에 상시 노출되어 있어 기상이변에 대한 근본적인 방비책을 갖고 있지 못하며 이를 위해 설계강도를 높여야 하는 문제점을 갖고 있다.

본 연구에서는 풍력발전기의 설치와 유지보수에 편리성을 제공함은 물론, 풍력발전기의 설계강도를 줄이면서도 근본적으로 안전을 보장토록 하여 기존의 풍력발전기를 보다 경량화 하고 경제성 있게 제작할 수 있는 풍력발전기의 주축제어시스템을 개발하였다. 즉 별도의 조정장치를 설치하여 주축을 지면까지 이동이 가능하도록 하였다. 실제로 시작품을 제작하여 이와 같은 특성을 확인하였다.

본 연구에 대한 상품화가 이루어지는 경우 특히 소형 풍력발전기의 설치와 유지보수의 편리성을 제공함은 물론, 전체 시스템의 안정성을 크게 향상시킬 수 있으므로 풍력발전시스템의 안정적·장기적인 운용을 가능하게 할 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- (1) 한국에너지기술연구소, “풍력자원조사 및 분석”, 1995
- (2) 제주도, “제주도내 풍력자원사에 관한 연구”, 1997
- (3) 이승환, “시퀀스자동제어”, 형설출판사, 1995
- (4) 윤대용외 1인, “시퀀스 제어회로”, 동일출판사, 2001