

계통 연계형 풍력 발전 시스템 구축 및 제어방법 연구

송호빈*, 김영춘**, 조문택***, 이충식***, 황락훈****
 (주)휴스컴*, 공주대학교**, 대원과학대학***, 세명대학교****

A Study about Grid-Connected Wind Power Generation System and Control Methode

Ho-Bin Song*, Young-Chun Kim**, Moon-Tack Cho***, Chung-Sik Lee***, Lak-Hun Hwang****
 Huscom Co.*, Kongju National Univ.**, Daewon Science Coll.***, Saemyung Univ.****

Abstract - The wind generation system is trend that amount used increases recently. In this paper, Introduce about development of wind force development system. This system does easily research for wind power. Compose a control program by VB so that alteration, output result deposit and waveform analysis etc. is possible and did so that all manufacturing and checkout may be available in computer.

<표 1> 풍속 발전기 사양

항목	Data	항목	Data
회전범위	1.15m	시동 풍속	3.58m/s
출력 전압	24V	전력비	400W
한계 풍속	49.2m/s	운전방식	Geared

1. 서 론

풍력발전은 자연상태의 무공해 에너지원으로 현재 기술로 대체 에너지원 중 가장 경제성이 높은 에너지원으로써 바람의 힘을 회전력으로 전환시켜 발생되는 전력을 전력계통이나 수요자에 직접 공급하는 기술이다.

무공해 발전 방식인 점과 구조나 설치 등이 간단한 장점들로 인하여 가장 유력한 대체 에너지원으로 인정을 받고 있으며 전 세계적으로 신규 건설되는 원자력발전소 용량보다 큰 수치를 나타내고 있는 실정이다.

향후 국내에서도 실질적인 정부 지원책이 활성화되고 전력사업 인허가나 계통선 연결 등에 관한 법령이 정비되면 풍력발전 시스템의 보급은 가속될 것으로 예상되고 지금도 많은 곳에서 설치 운영 및 연구개발 되고 있다.[1]

그러나 풍력발전 시스템은 바람의 속도와 방향 등 가변적인 기상조건과 교류 측 부하의 계속적인 변동 등으로 인하여 비선형적인 특성이 강하고 제어 시스템은 전체 작동 영역에서 안정된 동작을 하고 풍력으로 얻은 전력을 적절하게 조정해야 하는 과제가 주어진다.[2]

이에 본 논문에서는 계통 연계형 풍력 발전 시스템에 대한 다양한 연구를 수행 할 수 있는 모의실험 장치를 구축하였다. 실제 시스템을 적용하기에 앞서 실험실 내에서 다양한 풍속 등의 조건에서 손쉽게 실험이 가능하도록 구성하였다.

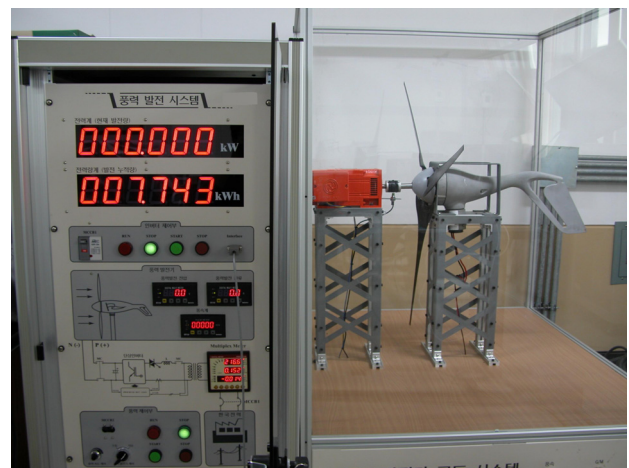
상용 풍력 발전기에 많이 사용되고 있는 간접 구동형 나셀을 이용한 수평축 풍력 발전기를 구성하고 인공적인 바람 조건을 만들기 위해 직류 전동기를 직결하여 로터를 강제 회전하도록 제작하였다. 계통 측 PWM 컨버터는 q-축 전류를 이용 직류링크의 전압을 제어하고 d-축 전류를 영으로 제어하여 계통측 전압과 전류의 단위 역률제어를 수행한다.[3] 또한 제어 시스템과 로터의 회전 등을 컴퓨터와 연결하여 실시간으로 로터를 제어하고 발전 시스템의 출력은 인버터장치를 연결하여 계통 연계형과 독립 운전이 모두 가능하도록 구성하였다. 제어 프로그램을 변경, 출력 결과 저장 및 파형 분석 등이 가능하도록 VB으로 구성하여 컴퓨터에서 모든 조작 및 확인이 가능하도록 하였다.

2. 본 론

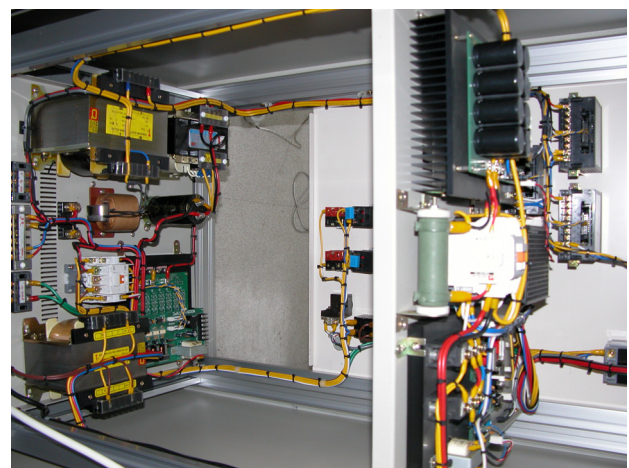
2.1 하드웨어

풍력 발전 시스템에 대한 다양한 환경과 제어기 등의 연구에 보다 수월하게 접근할 수 있도록 상업용 발전에 많이 사용되고 있는 수평축 풍력 발전 시스템을 <그림 1>과 같이 구축하였다.

풍력 발전기는 발전기의 경제성이 우수하고, 정속 회전으로 인한 품질 좋은 전기를 생산하는 장점을 가진 간접 구동형 형태를 채택하여 구성하였으며 세부 사항은 <표 1>에 나타내었다. 또한 실험에서의 다양한 풍속 실험을 위해 직류 발전기를 로터축에 직결하여 강제 회전시킬 수 있도록 하였으며 중간에 속도 센서를 장착하여 로터의 회전 속도를 설정할 수 있도록 하였다.



<그림 1> 수평축 풍력 발전기와 제어기



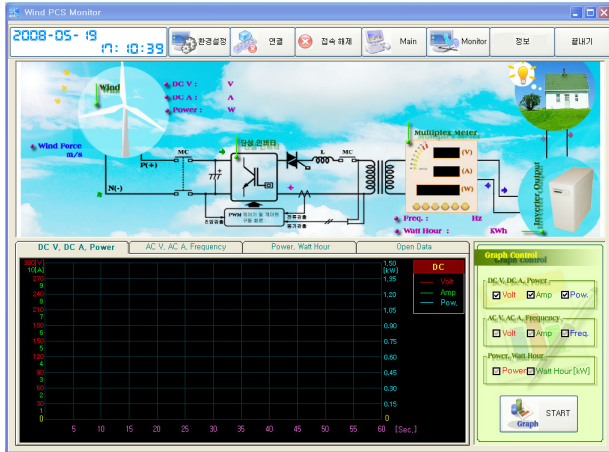
<그림 2> 계통 연계형 단상 인버터

계통 연계형 제어기는 IGBT를 이용하여 단상 인버터를 구성하였으며 제어 CPU는 TMS320C31을 이용하여 구동하고 컴퓨터와 RS-232를 이용하여 실시간 프로그램 변경이 등이 가능하도록 구성하였으며 제어 시스템은 <그림 2>와 같다.

2.2 소프트웨어

풍력발전 시스템의 전체 제어는 컴퓨터를 이용하여 수행 할 수 있도록 Visual Basic을 이용하여 전용 프로그램을 구성하였다. 메인 장치와 컴퓨터는 RS-232를 이용하여 연결하고 풍력장치의 각종 데이터를 컴퓨터로 전달하고, 계통 연계형 인버터의 제어 프로그램을 컴퓨터상에서 구성하여 제어기에 입력이 가능하도록 구성하였다.

이렇게 구성함으로써 필드 상에서 구현하기 힘든 여러 가지 상황에 대해 다양한 실험을 수행하고 이에 따른 데이터 수집이 가능하였다. 풍력 발전기의 풍속은 0.1[m/s] 간격으로 정밀하게 제어 가능도록 풍력발전기에 연결된 직류 전동기에 별도의 제어기를 부착하여 구성하였다.



〈그림 3〉 제어용 프로그램 Main 화면

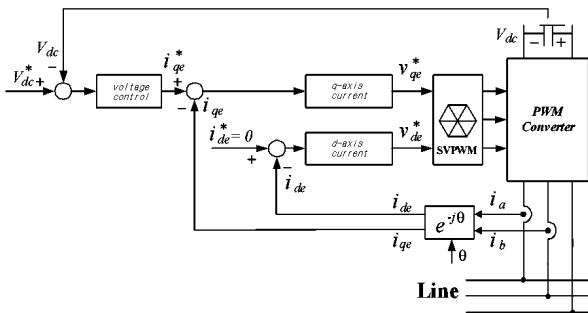
그림 4는 계통측 제어 블록도를 나타낸 그림으로서 발전된 전력을 계통으로 공급하고 출력 전류의 역률을 제어한다. 계통측 출력 전력과 직류 링크전압은 반비례하므로 출력전력의 제어로 링크 전압을 제어할 수 있다. 유효분 전류 i_{qe} 의 제어로 발전전력을 계통공급하고, 무효분 전류 i_{de} 의 제어로 출력의 역률을 제어한다.

전원전압과 전류가 정현파인 경우에 역률식은

$$p.f. = \frac{i_q^e}{\sqrt{i_d^{e2} + i_q^{e2}}} \quad (1)$$

와 같으므로, d-축 기준 전류값은 식 (9)와 같이 나타낼 수 있다. 그러므로, 역률 1제어는 d-축 전류를 0으로 제어하면 가능하다.

$$i_{de}^* = i_{qe}^* \frac{\sqrt{1-p.f.^2}}{p.f.^2} \quad (2)$$

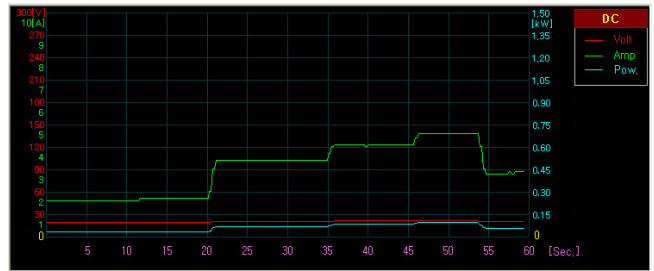


〈그림 4〉 계통측 제어 블록도

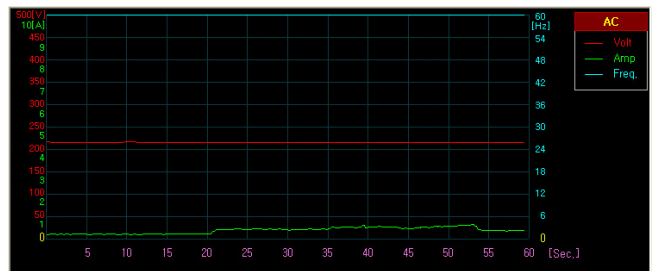
동작 성능을 확인하기 위하여 제어 프로그램으로는 공간벡터 PWM 방식을 이용하여 시스템을 구동하고 풍속 명령을 step적으로 증가하는 실험을 수행하였다.

step 명령은 4[m/s]→5[m/s]→10[m/s]→13[m/s]→15[m/s]→8[m/s]로

인가하였으며 그때의 풍력발전기 출력 전압, 전류, 전력 파형을 <그림 4>에 나타내었고, 인버터측 출력 전압, 전류, 주파수의 파형을 <그림 5>에 나타내었다.



〈그림 5〉 풍력발전기 출력 전압, 전류, 전력 파형



〈그림 6〉 인버터 출력 전압, 전류, 주파수

그림의 파형은 풍력 발전기와 인버터 측의 각종 센서로부터 검출된 데이터를 컴퓨터로 입력받아 표시한 것으로 양호한 동작과 출력 결과를 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 요즘 각광받는 대체 에너지원 중의 하나인 풍력 발전기 시스템에 대한 연구를 돕고자 실내에서 각종 조건을 이용한 풍력 발전 실험이 가능하도록 시스템을 구축하고자 하였다. 풍력발전 시스템과 인버터 등의 하드웨어적인 장치와 컴퓨터를 이용한 다양한 제어를 위한 소프트웨어 부분을 제작, 구축하였으며 실험 결과 다양한 풍속의 실험이 가능하였고, 그에 따른 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 앞으로 이를 이용하면 실제 시스템 제작에 앞서 다양한 모의실험이 가능하리라 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] P.H Madsen, L. H. Hansen, H. C. Christensen, U. Lindhard, K. Eskildsen, "Generators and power electronics technology for wind turbines", IECON '01. The 27th Annual Conference of the IEEE, Vol. 3, pp.2000 - 2005, 2001
- [2] Yen Shine Lai, " Machine Modeling and Universal Controller for Vector-Controlled Induction Motor Drives", IEEE Trans. Energy Conversion, Vol 18, No. 1, pp 23~32, 2003. 4
- [3] Anca D.Hansen, Florin Iov, Poul Sorensen, Frede Blaabjerg, " Overall control strategy of variable speed double-fed induction generator wind turbin", Nordic wind power conference, 2004