

30kW급 발전시스템의 계통 연계형 인버터 개발

함년근*, 강승욱*, 김용주*, 한경희*, 안규복**, 송승호***, 김동용***, 노도환****, 오영진****
 명지대학교*, (주)인텍-FA**, 전북대학교 차세대 풍력발전연구센터***, (주)코윈텍****

Development of Grid Connection Type Inverter for
 30kW Wind Power Generation System

Nyeon-kun Hahm,* Seung-ook Kang*, Yong-joo Kim*, Kyong-hee Han*, Gyu-bok Ahn**,
 Seung-Ho Song***, Dong-Yong Kim***, Do-hwan Rho****, Young-jin Oh****
 Myong-ji Univ.*, Intech-FA Co. Ltd**, Chon-buk Univ.***, Kowintec Co. Ltd****

Abstract -

30kW electrical power conversion system is developed for the variable speed wind turbine system.

In the wind energy conversion system(WECS) a synchronous generator with field current excitation converts the mechanical energy into electrical energy. As the voltage and frequency of generator output vary according to the wind speed, a dc/dc boosting chopper is utilized to maintain constant dc link voltage. Grid connection type PWM inverter supply currents into the utility line by regulating the dc link voltage. The active power is controlled by q-axis current which the reactive power can be controlled by d-axis current reference change. The phase angle of utility voltage is detected using s/w PLL(Phased Locked Loop) in d-q synchronous reference frame. This scheme gives a low cost power solution for variable speed WECS.

1. 서 론

환경오염 및 자원 고갈의 심각성 인식에 따라 환경 친화적인 대체 에너지의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히, 풍력 에너지는 미국, 독일, 핀란드 등을 포함한 유럽 여러 나라에서 미래의 에너지원으로서 무한정, 청정에너지원이라는 장점으로 인하여 80년대를 기점으로 지속적인 연구가 이루어져 MW급의 대용량 시스템이 실용화 단계에 있는 실정이다. [1][2][3]

본 연구는 전북 부안군 하서면 해창 섬에 설치되어 있는 30kW급 풍력발전시스템을 대상으로 실시하였다. 전체 시스템은 날개형 수평/수직축 통합형 터빈 시스템과 동기발전기, 계통 연계형 인버터로 구성되어 있다. 동기 발전기를 이용해 기계에너지를 전기에너지로 변환하고 변환된 전력을 다이오드 정류한 후 승압회로와 PWM 인버터로 구성된 전력 변환 장치를 통하여 계통으로 공급하는 방법에 대하여 연구하였다. 제어부는 승압회로에 의하여 계통으로 공급되는 에너지의 양을 제어하고 PWM 인버터를 통하여 임의의 역률로 제어된 전력을 계통으로 공급하도록 했으며 실제 시스템의 운전을 통하여 제어상태를 확인하였다.

2. 풍력발전 시스템

2.1 풍력에너지 특성

속도 v 로 면적 A 를 통과하는 바람의 에너지 총량은

다음과 같다.

$$P_w = \frac{1}{2} \rho C_p v^3 A \tag{1}$$

P_w : 풍력 에너지 총량 [W]

C_p : 풍력시스템의 출력 계수

A : 통과 면적 [m^2]

ρ : 공기밀도 [kg/m^3]

따라서 출력에너지는 통과면적, 밀도, 풍속이 일정할 경우 풍력시스템의 출력 계수에 따라 결정되며 출력계수는 blade의 모양 및 개수 등에 의해 결정된다. 또한, 터빈의 형태가 결정된 경우 blade의 각도가 일정할 경우 tip speed에 밀접한 영향을 갖는다.

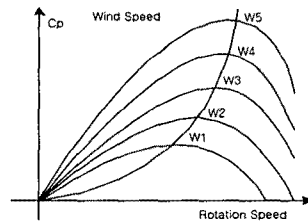


그림1 풍속과 C_p 와의 관계

그림 1은 풍속 변화(W1,W2,W3,W4,W5)에 따른 발전기 속도와 효율의 관계를 나타낸다.

2.2 입력 전력 제어기

최대출력을 얻기 위해 수행하는 MPPT 제어에는 여러 가지가 있다. 본 논문에서는 입력전압에 따른 입력전류를 2차 함수를 통하여 제어하는 방법을 제안하였다. 시스템 입력전압은 발전기의 역기전력과 비례하므로 발전기의 속도를 반영한다고 할 수 있다. 그리고 입력 전압에 따라 출력전류 지령치를 선정할 수 있다. 따라서 시스템 적용시 사용된 방법은 기계적 시스템과의 관계를 정량적으로 모델링하기가 어렵기 때문에 그림 2와 같이 2차 함수로 근사화 한다. 계수(a)의 선정은 I_{dc_max} 와 V_{in_max} 의 값으로부터 구하고 발전기의 정격인 V_{in_min} 값은 승압회로의 승압비를 고려하여 결정된 후 I_{dc_min} 값을 조정하는 방법을 사용하였다.

$$I_{dc}^* = a \cdot V_{in}^2 \tag{2}$$

여기서 a는 다음과 같다.

3. 실험 및 결과

본 시스템은 전북 부안군 하서면 해창 섬터에 설치되어 있는 30kW급 풍력발전시스템을 대상으로 주날개(3)와 보조날개(3)를 갖는 수평/수직축 통합형 터빈 시스템으로 사양은 표1과 같다.

표1 시스템사양

구 분	사 양
발 전 기	30kW, 3 ϕ 220V
Wind turbine	철탑높이 : 20m 주날개길이 : 11m 보조날개길이 : 5.5m

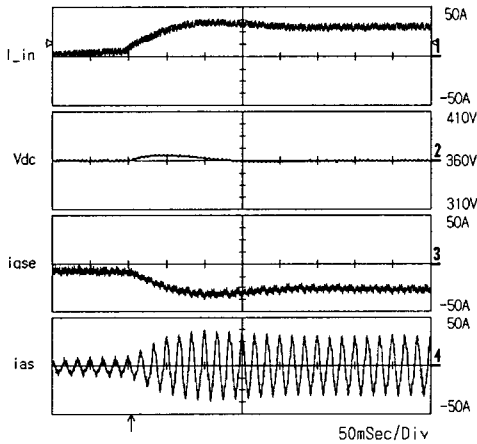


그림 7 입력 전류제어특성

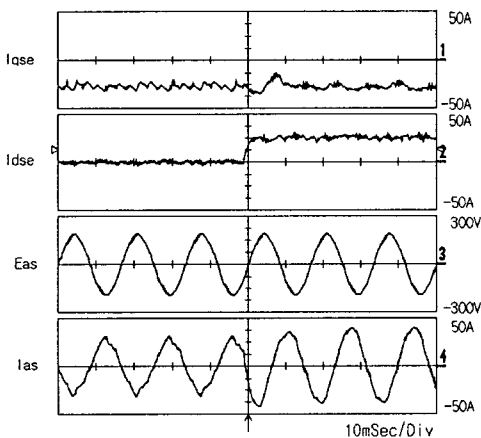


그림 8 역률제어특성

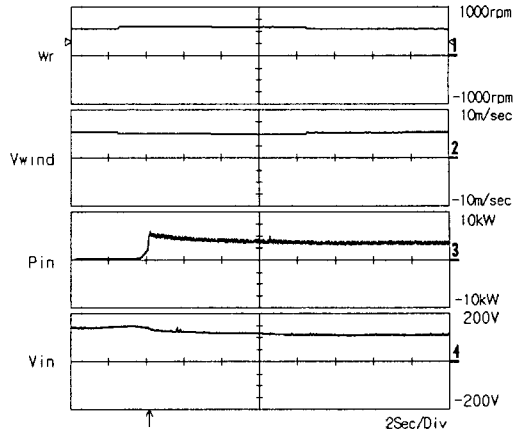


그림 9 풍력발전 제어특성

그림 7은 승압초퍼의 전류 제어특성으로 입력전류지령을 0에서 40A로 하였을 때 입력전류, DC link 전압, 유효분 전류 및 상전류 파형을 나타낸다. 입력전류 증가에 대해 DC link 전압은 순간 상승을 하게 된다. 이때 상승하는 DC link 전압을 일정한 값(360V)으로 제어하기 위해 유효분 전류를 빼감을 볼 수 있다.

그림 8은 시스템 동작 시 무효분 전류지령을 0에서 30A로 하였을 때 임의의 역률을 갖도록 한 경우의 유효·무효전류, 상전압 및 상전류 파형을 나타낸다. 상전류 파형이 상전압과 역상(역률 1로 발전중)으로 운전되다가 무효분 전류가 더해져서 위상차가 발생하고 있음을 보여준다.

그림 9는 풍력발전 제어특성을 알아보기 위하여 발전기 회전수, 풍속, 입력전력, 입력 전압파형을 나타낸다. 실제 자연풍에 의해 발전 운전시 약 5m/s의 풍속에서 4kW 가량의 전력을 생산하고 있음을 보여준다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 시스템으로 발전된 전력을 인버터측으로 보내기 위한 승압초퍼와 계통연계를 위한 AC PWM 인버터로 구성된 계통 연계형 풍력발전시스템의 제어 특성을 알 수 있었다. 또한, 실제 풍력발전시스템의 입력 전력 제어부의 제어가 잘 됨을 알 수 있었으며, 역률 제어를 통해 계통측에 원하는 전력을 공급하는 것이 가능하였다.

앞으로 블레이드 피치 제어 알고리즘과 결합된 고효율 발전제어 시스템 개발이 필요하다.

(참 고 문 헌)

- [1] Erich Hau, "Windturbines", Springer, 2000
- [2] Siegfried Heier, "Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems", John Wiley & Sons Ltd, 1998
- [3] R. Hoffmann, P. Mutschler, "The Influence of Control Strategies on the Energy Capture of Wind Turbines", 2000 IAS Conference Record, pp.886-893, 2000.
- [4] 정병창, 임종연, 송승호, 김영민, 노도환, 김동용, "중·대형급 풍력발전 시스템용 에너지 변환 방식에 대한 연구", 2001대한전기학회 춘계 학술대회 논문지, pp.459-462, 2001.
- [5] 정병창, 송승호, 노도환, 김동용, 김영민, 임종연, "풍력터빈 모의 실험을 위한 가변 토오크 입력형 전동기-발전기 제어 시스템 제작 및 실험", 2001대한전기학회 추계 학술대회 논문지, pp.346-348, 2001.