

# 가변속 풍력발전시스템을 위한 최적속도의 PSF MPPT 제어

최정식\*, 장미금\*, 오승열\*, 송성근\*, 정동화\*\*  
전자부품연구원\*, 순천대학교\*\*

## Control of Optimized Speed Power Signal Feedback Maximum Power Point Tracking for Variable Speed Wind Power System

Jung Sik Choi\*, Mi Geum Jang\*, Seung Yeol Oh\*, Sung Geun Song\*, Dong Hwa Chung\*\*  
Korea Electronics Technology Institute\*, Sunchon National Univ.\*\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 가변속 풍력발전시스템을 위한 최적속도의 PSF(Power Signal Feedback) MPPT 제어를 제안한다. 풍속센서를 이용한 데이터 수집이 요구되지 않으며 공기밀도, 출력되는 전력 피드백 값을 이용하여 시스템 속도 제어를 위한 지령 속도를 출력하여 최대 전력점을 찾도록 하는 제어 방법으로, PSIM 프로그램 결과를 통해 본 논문의 타당성을 입증한다.

$A = \pi R^2$ 는 블레이드의 회전 단면적 [ $m^2$ ] 이고,  $\rho$ 는 공기의 밀도로 해수면으로부터 약  $1.25 [kg/m^3]$   $V_w$ 는 풍속으로 [ $m/s$ ] 이다.  $C_p$ 는 에너지 출력계수(Power Coefficient),  $\lambda$ 는 주속비(TSR),  $\beta$ 는 피치각이며, 주속비는 식(2)와 같다.

$$\lambda = \frac{\omega_r R}{V_w} \quad (2)$$

여기서  $\omega_r$ 은 블레이드의 회전 각속도이다. 풍력발전시스템으로부터 최적전력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{max} = K_{opt} \omega_{ropt}^3 \quad (3)$$

$$K_{opt} = \frac{1}{2} \frac{A \rho C_{pmax} R^3}{\lambda_{opt}^3} \quad (4)$$

$$\omega_{ropt} = \frac{\lambda_{opt} V_w}{R} \quad (5)$$

특정풍속에서 전력은 회전 각속도의 어느 값에서 최대점을 가지는데 이를 최적 회전 각속도( $\omega_{ropt}$ )라 한다. 이 속도는 최적주속비( $\lambda_{opt}$ )와 관계가 있다. 최대전력을 출력하기 위해, 풍력발전시스템은 항상  $\lambda_{opt}$ 에서 운전해야 한다.

### 1. 서론

지속가능한 에너지원으로 풍력발전시스템은 설치 비용이 다소 들지만, 발전단가가 저렴한 편이고 한번 설치되면 반영구적으로 이용할 수 있고 공해가 거의 발생하지 않으며 토지 이용율이 높다는 장점을 가지고 있어 빠르게 성장하고 있다.

이러한 풍력발전 시스템의 MPPT 제어 기법으로 TSR(Tip Speed Ratio) 제어는 풍속 대비 블레이드의 회전속도인 주속비를 일정하게 유지하도록 블레이드의 회전속도를 제어하는 방법이나 TSR은 시스템마다 다른 값을 가지기 때문에 일반적인 TSR 계산식을 생성하기 어려운 단점이 있다.<sup>[1]</sup> 최적토크제어(Optimal Torque)는 발전기의 토크를 조절하는 것으로 최적토크의 look up table이 요구되며, HCS(Hill Climb Search) 제어는 최대전력을 추출하기 위해 연속적으로 최대전력점을 찾는 방법으로 관성이 매우 작을 때 좋은 성능을 보인다. 그러나 관성이 큰 시스템의 경우 기계적으로 저장된 에너지에 의해 제어 효율이 떨어진다.<sup>[2]</sup>

따라서 본 논문에서는 가변속 풍력발전 시스템에서 풍속센서를 이용하지 않고, 출력되는 전력 피드백을 이용한 최적 속도 PSF MPPT 제어를 제안한다. PSIM 프로그램을 통해 종래의 제어 알고리즘과 비교, 분석하여 본 논문의 타당성을 입증한다.

### 2. 시스템 모델링

풍력 발전 시스템에서, 풍속이 가지는 에너지는 다음과 같이 나타낸다.

$$P_m = \frac{1}{2} A \rho C_p(\lambda, \beta) V_w^3 \quad (1)$$

### 3. 제어 시스템

그림1은 센서리스 PSF MPPT 제어를 위한 PMSG의 가변 풍속발전시스템의 블록다이어그램이다.

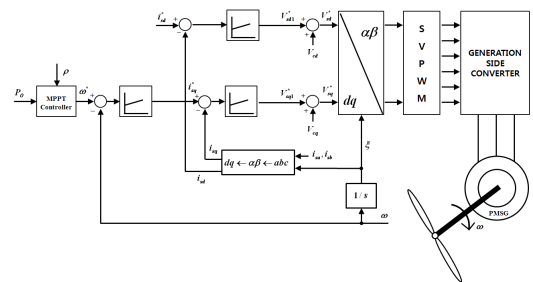


그림 1 PMSG 가변속풍속발전기의 블록다이어그램  
Fig. 1 Block diagram of PMSG variable speed wind power generation system

전력발전시스템의 출력전력은 식(6)와 같다.

$$P_o = P_m \eta = \left\{ \frac{1}{2} \frac{A \rho C_{pmax} R^3 \omega_{ropt}^3}{\lambda_{opt}^3} \right\} \eta_g \eta_c \quad (6)$$

여기서,  $\eta_g$  = 발전기 효율,  $\eta_c$  = 컨버터 효율을 나타낸다. 이때 최적출력제어에 의한 최적 지령식은 다음과 같다.

$$\omega_{ropt} = \sqrt[3]{\frac{P_o}{C}}, C = \frac{1}{2} \frac{A \rho C_{pmax} R^3}{\lambda_{opt}^3} \eta_g \eta_c \quad (7)$$

제어기는 출력전력, 그 출력을 발생한 공기밀도, 최적지령속도에 대한 정보가 요구된다.

#### 4. 시스템 성능 결과

본 논문에서는 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행 하였다. 풍속은 10[m/s]에서 0.7[sec] 이후 8[m/s]로 변동시켰다. 그림2은 종래의 HCS 제어 방법에 의한 MPPT 제어의 특성 곡선으로 지령속도에 리플이 발생하여 실제 속도에도 28.6[rad/s]만큼의 오차가 발생하여 출력 전력에도 97.5[W]만큼의 오차가 발생한다.

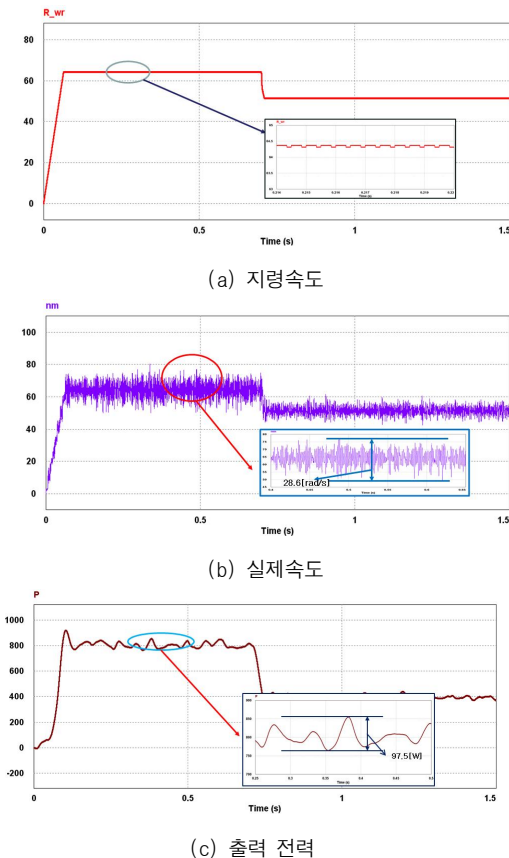


그림 2 종래의 HCS 제어 방법  
Fig. 2 conventional HCS Method

그림3은 제안한 센서리스 PSF 제어 방법에 의한 MPPT 제어의 특성 곡선으로 출력되는 지령 속도에 리플이 없어 실제 속도에도 21[rad/s]만큼의 오차가 발생하며 출력전력의 진동폭

이 50.5[W]로 종래의 방법에 비해 우수한 응답특성을 보임을 알 수 있다.

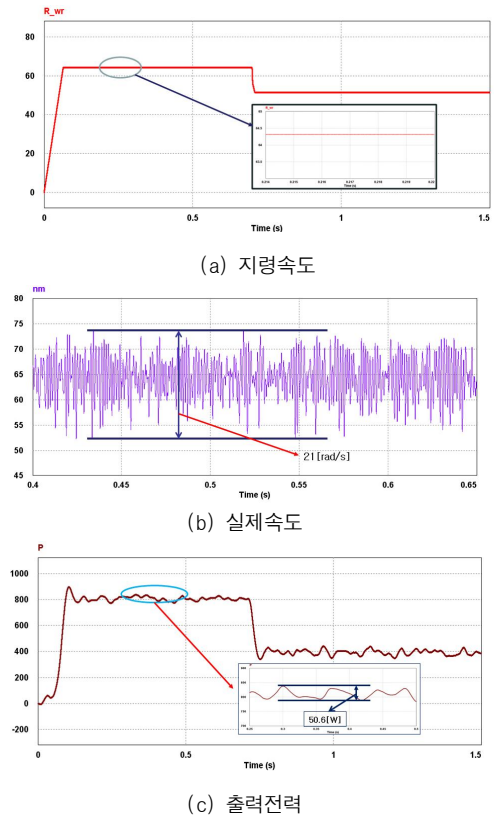


그림 3 제안한 최적속도 PSF 제어 방법  
Fig. 3 proposed optimized speed PSF control method

#### 5. 결론

본 논문에서는 풍속데이터 측정을 요구하지 않는 센서리스 MPPT 제어 방법을 제시 하였다. PSIM 시뮬레이션 결과 출력전력의 피드백 값을 이용한 제안한 MPPT 제어 방법이 종래의 HCS 제어 방법에 비해 실제속도 swing이 7.6[rad/s], 출력변동이 47[W]만큼 감소한 양호한 응답특성을 나타내어 본 논문의 타당성을 입증하였다.

이 논문은 광역연계협력사업의 “승용,상용 전기자동차 겸용 급승 충전 시스템 개발사업” 과제의 지원으로 연구되었음.

#### 참고 문헌

- [1] A. G. Abo Khalil and D. C. Lee, “MPPT control of wind generation systems based on estimated wind speed using SVR,” IEEE Trans. Ind. Electronics, 55(3), 2008, 1489-1490.
- [2] Q. Wang and L. Chang, “An intelligent maximum power extraction algorithm for inverter based variable speed wind turbine systems,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 19, no. 5, pp. 1242-1249, Sept. 2004.