

# 가변속 풍력발전 시스템의 효율향상을 위한 수정된 HCS MPPT 제어

최정식<sup>1</sup>, 송성근<sup>1</sup>, 정동화<sup>2</sup>, 양승학<sup>3</sup>, 김대경<sup>1</sup>  
전자부품연구원<sup>1</sup>, 순천대학교<sup>2</sup>, 호남대학교<sup>3</sup>

## Modified HCS MPPT Control for Improving Efficiency of Variable Speed WECS

Jung Sik Choi<sup>1</sup>, Sung Geun Song<sup>1</sup>, Dong Hwa Chung<sup>2</sup>, Seung Hak Yang<sup>3</sup>, Dae Kyong Kim<sup>1</sup>  
Korea Electronics Technology Institute<sup>1</sup>, Suncheon National Univ.<sup>2</sup>, Honam Univ.<sup>3</sup>

### ABSTRACT

본 논문은 풍력발전 시스템을 위한 종래의 HCS MPPT 알고리즘의 문제점을 위한 새로운 방법을 제시한다. 종래의 HCS MPPT 알고리즘은 스텝크기에 따른 효율변화와 바람의 변화 조건에서 잘못된 최대전력점 추종 결과를 나타낸다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 바람이 변화되는 조건에서 최대전력점 추종을 위한 스텝크기를 지능적으로 변화시킨다. 이를 위해 새로운 최대전력점 검출 능력은 바람의 변화조건에 강인하게 동작될 수 있도록 설계한다. 제시한 알고리즘은 시뮬레이션 결과를 통해 타당성을 입증한다.

### 1. 서론

가변속 풍력발전 시스템은 전력변환 장치를 통해 풍속의 변동에 따라 발전기의 운전속도를 조절함으로써 블레이드가 최적 효율 지점에서 운전될 수 있도록 제어할 수 있는 장점이 있다.<sup>[1]</sup> 이러한 가변 풍속시스템은 같은 바람의 조건에서 출력을 최대로 얻기 위해 최대전력점 추종제어가 반드시 필요하다. 종래의 최대전력점 추종제어 기법은 TSR(Tip Speed Ratio)제어, PSF(Power Signal Feedback)제어 및 HCS(Hill Climbing Searching)제어 등이 있다.<sup>[2]</sup> 이 중 HCS 제어는 시스템에 상관없이 최대전력점 추종이 가능하여 매우 광범위하게 사용된다. 그러나 급격한 바람의 변화조건에서 응답속도가 느리고 최대전력점 추종 실패 및 시스템 효율이 떨어지는 단점이 있다.<sup>[3, 4]</sup>

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 종래의 HCS 제어 기법을 수정한 새로운 최대전력점 추종 제어 방법을 제시한다. 수정된 HCS 방법은 바람의 변화 조건에 따라 HCS 제어의 스텝크기를 지능적으로 변화시킨다. 변화된 스텝크기는 바람의 변화에서 시스템의 강인성과 효율을 향상시킬 수 있다. 이로써 본 논문에서 제시한 수정된 HCS 제어 기법은 바람의 변화조건에 대한 시뮬레이션 결과를 종래의 HCS 제어 기법과 비교, 분석하여 타당성을 입증한다.

## 2. 새로운 최대전력점 추종 제어

### 2.1 종래의 HCS 제어 문제점

풍력 발전 시스템은 바람의 에너지를 기계적인 에너지로 변환하여 전기에너지로 표현된다.<sup>[5]</sup> 그림 1은 종래의 HCS 제어방

법에서 스텝크기에 따른 추종속도와 효율의 관계를 나타낸 것이다. 그림 1(a)은 스텝크기가 큰 경우를 나타내며 추종속도는 빠르나 효율이 감소됨을 알 수 있다. 그림 1(b)은 스텝크기가 작을 경우를 나타내며 이 경우에는 추종속도가 느리나 효율이 증가됨을 알 수 있다. 그림 2는 풍속의 변화에 대한 추종 방향 실패를 나타낸 것이다. 급격한 풍속의 변화에 의한 최대전력점 추종 방향의 실패가 나타나며 이러한 문제들로 인하여 최대전력점 추종 과정에서 에너지 손실을 초래하므로 최대전력 추종 제어기 설계 시 고려되어야 한다.

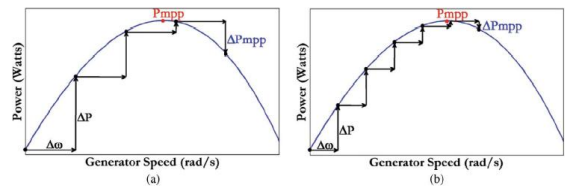


그림 1 스텝크기 변화에 따른 최대전력점 추종속도  
Fig. 1 MPP tracking speed under changing of step size

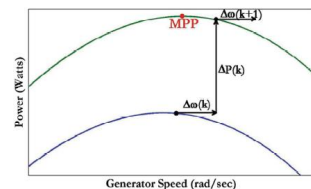


그림 2 바람의 조건 변화에서 최대전력점 추종 실패  
Fig. 2 MPP tracking error with changing of wind conditions

### 2.2 제시한 수정된 HCS 제어

종래의 HCS 제어기법은 스텝크기 및 바람의 변화에 대한 큰 문제점을 나타내고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 지능형 HCS 제어기법을 통해 바람의 변화에 대해 스텝크기를 변화시킨다. 그림 3은 수정된 HCS 제어 기법의 알고리즘을 나타내고 있다. 이 방법은 세 가지 모드로 동작하며 다음과 같다.

모드 0 : 최대전력점을 추종하기 위해 새로운 최대 전력점을 검출하는 HCS를 수행한다. 최대전력점 검출은 다음 식을 만족할 때 수행된다.

$$\Delta P(k) < 0, \Delta V_m(k) = 0, \Delta V_m(k-1) = 0 \quad (1)$$

모드 1 : 시스템이 최대전력점에 도달할 경우 스텝의 크기를 "zero"로 설정하여 섭동을 최소로 설정하며 바람의 변화가 있을 경우 모드 2로 변화된다.

모드 2 : 스텝크기가 동작점과 최대전력점과의 거리에 의해 지능적으로 변화되는 구간이며 다음 식에 의해 스텝크기가 변화된다.

$$\Delta d(k+1) = \beta \cdot (\omega - \omega^*) \quad (2)$$

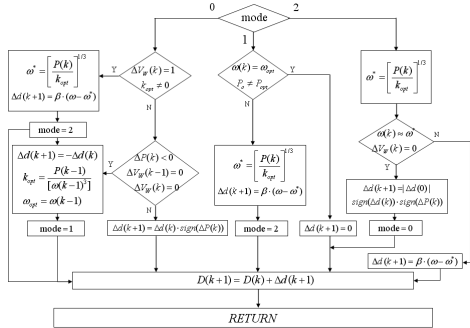


그림 3 제시한 수정된 HCS MPPT 알고리즘 순서도  
Fig. 3 Flowchart of proposed modified HCS MPPT algorithm

$$P_o = \eta_g \cdot \eta_c \cdot P_m \quad (3)$$

$$P_{opt} = k_{opt} \cdot \omega^3 \quad (4)$$

### 3. 시스템 성능결과

그림 4는 본 논문에서 제시한 MPPT 제어 알고리즘 적용을 위한 시스템 블록도를 나타낸다. 출력단의 전압과 전류를 이용하여 MPPT 제어를 통해 DC DC 컨버터의 듀티비를 제어한다. 그림 5는 제시한 알고리즘 적용을 위한 시뮬레이션에서 풍속의 변화 조건을 나타낸다. 풍속은 6[m/s] → 8[m/s] → 6[m/s] → 12[m/s]로 변화하였다.

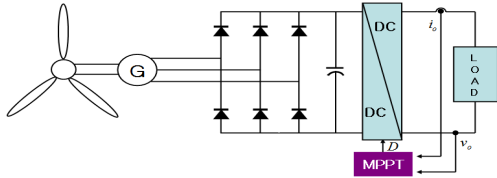


그림 4 제시한 MPPT 제어를 위한 시스템 블록도  
Fig. 4 System block diagram for proposed MPPT control

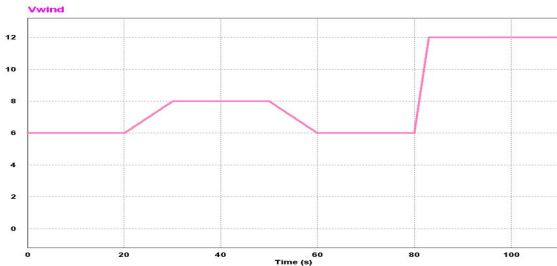
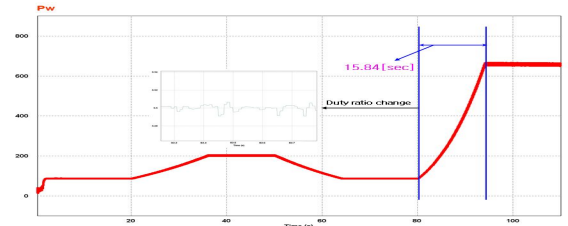
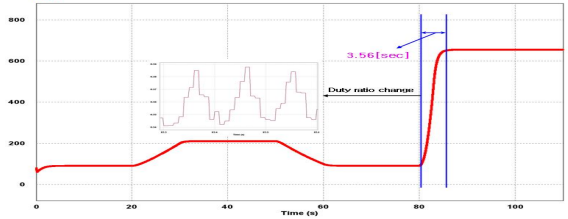


그림 5 풍속의 변화  
Fig. 5 Changing of wind speed

그림 6은 종래의 HCS MPPT와 제시한 수정된 HCS MPPT 제어의 응답특성을 비교하였다. 풍속 변화의 조건은 그림 5와 같고 풍속이 변화될 때 듀티비의 변화와 이에 대한 전력의 응답특성을 나타낸 것이다. 풍속이 급하게 변화되는 8[sec]에서 종래의 듀티비는 크게 변화되지 않지만 수정된 알고리즘은 듀티비가 지능적으로 변화되어 빠르게 최대 전력점으로 추종이 가능하다. 최대전력점으로 추종하는 시간은 제시한 알고리즘은 종래의 방법에 비해 약 12[sec] 정도 빠르게 나타나고 있다.



(a) Conventional HCS control



(b) Proposed modified HCS control

그림 6 풍력 MPPT 제어 알고리즘에 대한 응답특성 비교  
Fig. 6 Comparison of response characteristics with wind MPPT control algorithm

### 4. 결론

본 논문은 풍력 MPPT 제어에 있어서 종래의 HCS 방법의 문제점을 해결하기 위해 수정된 HCS 알고리즘을 제시하였다. 제시한 수정된 HCS 알고리즘은 풍속의 변화에 있어서 듀티비가 지능적으로 변화되어 최대전력점에 빠르게 도달할 수 있다. 제시한 알고리즘은 시뮬레이션을 통해 최대전력점에 도달하는 시간과 듀티비의 변화를 고찰하였다. 풍속이 급하게 변화되는 구간에서 제시한 알고리즘의 듀티비는 지능적으로 변화되며 최대전력점에 도달하는 시간도 종래에 비해 약 12[sec] 정도 빠르게 나타났다. 이로써 본 논문에서 제시한 알고리즘의 타당성을 입증하였다.

본 논문은 호남광역경제권 선도산업육성사업의 “풍력기반 하이브리드 발전 시스템 개발”과제의 지원으로 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] 정병창, 임종연, 송승호, “가변속 풍력발전 시스템의 계통연계 인버터 출력 전류 리플 개선에 관한 연구”, 2003 대한전기학회 춘계학술대회, pp.369 372, 2003
- [2] Quincy Wang, An intelligent maximum power extraction algorithm for inverter based variable speed wind turbine systems, Proceedings of IEEE, vol 19 No. 19, pp. 1242 1249, 2004.
- [3] N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo, and M. Vitelli, “Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method,” IEEE Trans. Power Electron, vol. 20, no. 4, pp. 963 973, 2005.
- [4] D. Sera, R. Teodorescu, J. Hantschel, and M. Knoll, “Optimized maximum power point tracker for fast changing environmental conditions,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 55, no. 7, pp. 2629 2637, 2008.
- [5] Ye Hangzhi, “The control of wind power system”, Beijing, Machinery Industry Press, 2002.