

소형풍력발전시스템을 위한 퍼지로지 기반의 듀티비 변화량 가변 MPPT 제어

최대근, 이교범
아주대학교

Variable Step Size Maximum Power Point Tracking Control based on Fuzzy Logic for a Small Wind Power System

Dae-Keun Choi and Kyo-Beum Lee
Ajou University

ABSTRACT

본 논문은 풍력발전시스템의 MPPT 제어 시 정상상태에서의 안정성 향상을 위하여 퍼지로지 기반의 듀티비 변화량 가변 MPPT 방법을 제안한다. 일정한 듀티비 변화량으로 MPPT 제어 시 추종시간이 느리거나 최대출력 점에서 진동하는 단점이 있다. 출력 전류량에 따라 구성된 퍼지로지 기반으로 듀티비 변화량을 가변 하여 MPPT 제어 시 정상상태 특성과 시스템 응답특성을 향상시킬 수 있다. 3kW급 계통연계형 풍력발전시스템을 기반으로 수행된 시뮬레이션 결과를 바탕으로 제안한 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

풍력발전 시스템은 베츠의 법칙에 따라 입력파워의 약 60% 이상은 변환이 어렵기 때문에 발생한 에너지를 최대효율로 계통에 전달하기 위해 MPPT 제어가 필수요소이다. 일반적으로 PMSG를 이용한 중소용량 풍력발전시스템의 발생전력을 제어하기 위해 회로 구성이 간단하고 효율이 양호한 부스트 컨버터를 사용한다. 전체 시스템은 그림 1과 같이 3상 정류기, 부스트 컨버터, 인버터로 구성되어 단상전원을 통해 계통에 연결된다. MPPT 제어는 부스트 컨버터의 듀티비 조절을 통하여 가능하게 되고 발전기의 출력전력 및 출력전압의 관계를 비교하여 최대전력이 출력되도록 시스템을 제어된다.^[1] MPPT 제어 방법 중 P&O 방식은 풍력발전기 회전속도를 주기적으로 증가 또는 감소시킴으로써 최대전력 점을 추적하는 제어방식으로 비교적 제어 알고리즘이 간단하면서도 우수한 추적성능을 나타낸다. 그러나 듀티비 변화량에 따라 정상상태 안정성과 과도상태 응답 특성이 감소할 수 있다.^[2] 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해서 퍼지로지 기반의 듀티비 변화량 가변 MPPT 제어 기법을 제안한다. 출력되는 전류변화의 증감에 따라 듀티비 변화량을 퍼지규칙 기반으로 가변 하여 정상상태에서의 안정성과 시스템 응답특성을 향상시킨다. 제안된 알고리즘은 시뮬레이션 결과를 통해 타당성을 검증한다.

2. MPPT 제어방법

MPPT 제어는 그림 2와 같이 출력전력과 발전기 출력전압의 변화에 따라 부스트 컨버터의 듀티비를 조절함으로써 출력전력이 최대가 되는 지점에서 풍력발전 시스템이 동작하도록

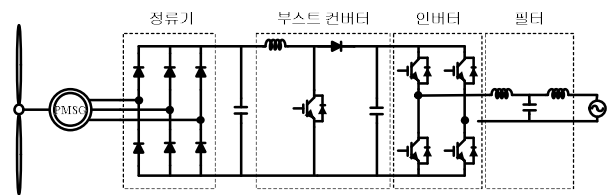


그림 1 계통연계형 풍력발전시스템
Fig. 1 Grid connected wind power system

한다. 듀티비 변화량을 일정 값으로 고정하여 MPPT 수행 시 정상상태 안정성이나 과도상태 응답특성이 감소될 수 있다. 본 논문에서 제안된 MPPT 방법은 퍼지로지를 기반으로 출력전류량에 따라 듀티비 변화량을 가변 하여 정상상태에서의 안정성을 향상 시키는 알고리즘을 제안한다.

2.1 제안된 MPPT 제어방법

제안된 MPPT 알고리즘은 그림 2와 같은 규칙에 의해 수행되며 듀티비 변경과 관련된 식은 다음과 같다.

$$D(k+1) = D(k) + \Delta duty \quad (1)$$

$$\Delta duty = Z\Delta d \quad (2)$$

여기서, $\Delta duty$ 는 부스트 컨버터 듀티비 변화량, D 는 부스트 컨버터 듀티비, Δd 는 퍼지제어기 출력, Z 는 퍼지제어기 출력에 곱해지는 계수인자이다. 계수인자 값 선정은 다음 식을 통하여 얻을 수 있다.

$$0 < Z < \frac{\Delta duty_{m}}{\Delta I_m} \quad (3)$$

여기서, $\Delta duty_m$ 은 MPPT 수행 시 최대 듀티비 변화량, ΔI_m 은 고정 듀티비 변화량으로 MPPT 수행 시 정상상태에서의 전류변화량이다. 출력전류 변화량에 따라 출력된 퍼지 출력값이 계수인자에 곱해져 듀티비 변화량이 가변되는 MPPT 알고리즘이 수행된다.

2.1 퍼지 제어기

본 논문에서는 그림 3과 같이 출력전류 변화량 정보를 퍼지 제어기 입력 값으로 사용하였다. 출력되는 퍼지제어기 출력값은 MPPT 제어 수행 시 전류량에 따라 듀티비 변화량이 가변

되도록 구성하였다.

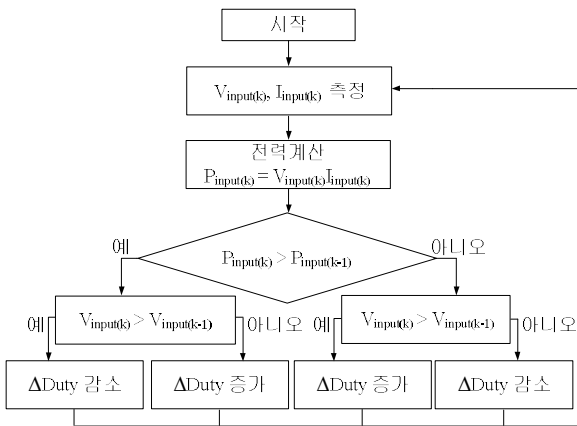


그림 2 MPPT 알고리즘 순서도
Fig. 2 Flowchart of the MPPT algorithm

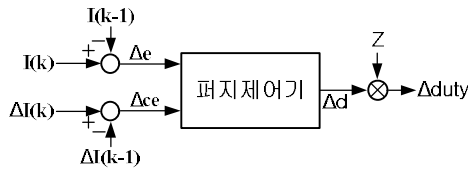


그림 3 퍼지 제어기
Fig. 3 Fuzzy controller

소속함수 형태 중 본 논문에서 사용된 소속 함수는 삼각형이며 표 1과 같이 출력전류의 현재 값과 이전 값의 오차인 Δe 는 7개, Δe 의 현재 값과 이전 값의 오차인 Δce 는 5개의 삼각형으로 퍼지 집합을 구성하였으며 퍼지 제어기의 출력인 Δd 는 7개의 삼각형으로 퍼지 집합을 구성하였다. 비퍼지화 방법은 수계노 제로-오더 방법을 사용하였다.

표 1 퍼지 제어기 규칙
Table 1 Rule of the Fuzzy controller

$\Delta ce \backslash \Delta e$	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	NS	NM	NS	Z	PS	PM	PS
NM	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
Z	NB	NB	NS	Z	PS	PB	PB
PM	NB	NM	NM	Z	PM	PM	PB
PB	NS	NM	NM	Z	PM	PM	PS

3. 시뮬레이션

그림 4는 듀티비 변화량 고정 MPPT 방법을 사용하여 운전 시 파형이고, 그림 5는 듀티비 변화량 가변 MPPT를 사용하여 운전 시 파형이다. 풍속은 동일하게 8m/s에서 11m/s로 가변하였다. MPPT 수행 시 듀티비 변화량을 고정했을 경우 그림 4와 같이 출력전력이나 주속비 파형에 리플이 발생하여 정상상태에서 진동하는 것을 확인할 수 있다. 그림 5와 같이 제안된 퍼지로직 기반의 듀티비 변화량 가변 MPPT를 적용했을 경우 듀티비를 고정했을 때보다 정상상태에서의 안정성이 개선된 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

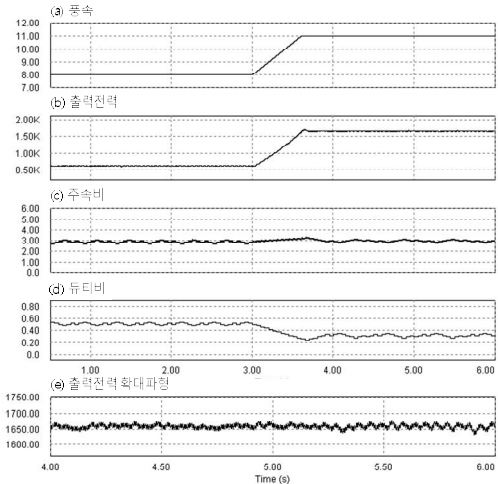


그림 4 듀티비 변화량 고정 MPPT 제어
Fig. 4 Fixed step size MPPT control

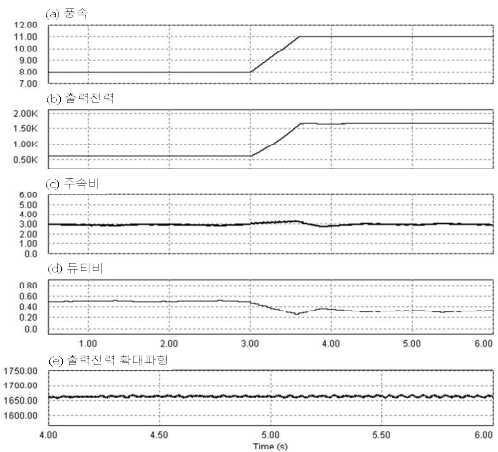


그림 5 듀티비 변화량 가변 MPPT 제어
Fig. 5 Variable step size MPPT control

본 논문에서는 풍력발전시스템의 MPPT 제어 시 정상상태 안정성 향상을 위해 퍼지로직 기반의 듀티비 변화량 가변 MPPT 제어방법을 제안하였다. 시뮬레이션을 통하여 제안한 방법이 풍력발전시스템에 잘 적용되며, MPPT 제어 시 시스템 정상상태에서 진동이 발생하는 문제점이 개선된 것을 확인하였다.

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 20110003862).

참고 문헌

- [1] L. Piegari and R. Rizzo, "Adaptive perturb and observe algorithm for photovoltaic maximum power point tracking," *IET Renewable. Power Gen.*, Vol. 4, No. 4, pp. 317-328, Jul. 2010.
- [2] F. Liu, S. Duan, F. Liu, B. Liu, and Y. Kang, "A variable step size INC MPPT method for PV systems," *IEEE trans. on Industrial. Electronics*, Vol. 55, No. 7, pp. 2622-2628, Jul. 2008.