PWM 방식을 이용한 소형풍력 발전기 제동 시스템

김상만, 문채주, 정문선, 박병주, 이경성, 정권성
목포대학교 전기공학과

PWM braking system with a small wind turbine

Sang Man Kim, Chae Joo Moon, Moon Seon Jeong,
Byeong Ju Park, Kyung Sung Lee, Gwon Seong Jeong
Dept. of Electrical Engineering of Mokpo National University

ABSTRACT

대부분 소형풍력발전은 운전 범위 이상이 될 경우 시스템 보호를 위해 Dump Load 방식 또는 전기자 반작용을 사용하며 순간 단락 시 돌발 단락 전류에 의해 풍력 발전기의 기계적 손상이 발생 된다. 본 논문에서는 ATmega 128을 이용한 PWM의 제어 방식 적용하여 돌발 단락 전류 억제하는 시스템을 구성 하고자 한다.

1. 서론

계통 연계가 가능한 소형풍력발전기의 시스템 구성도를 살펴보면 크게 기계장치부, 전기장치부, 제어장치부로 이루어져 있으며, 그 중 소형풍력발전 시스템의 기계장치부는 대부분 증속기를 제거한 동기 발전기가 사용된다. 극한 풍속이 발생 할 경우 발전 시스템을 보호하기 위한 제동장치가 사용되며, 이때 연계 방식의 소형풍력발전기 경우 Dump Load 나 전기 반작용 제동 방식을 이용하여 풍력기의 속도를 제어 하게 된다.[1] 대부분 Dump Load 나 전기 반작용 제동 방식 경우 릴레이나 MC를 이용하여 속도제어가 이루어지고 있다. 이러한 경우 순간 단락 시 혹은 돌발 단락전류 발생으로 인해 풍력발전시스템의 수명 단축과 동기발전기 고장의 원인의 주요인이 된다. 본 논문에서는 ATmega 128을 이용한 PWM 의 제어 방식을 이용하여 돌발 단락전류를 억제 하면서 스위치 제어가 가능하면 다양한 범위에 따라서 제어가 가능 하도록 제작 하였다.

2. 이론 및 고찰

2.1 기존 제동 시스템

2.1.1 덤프부하방식

덤프부하방식은 풍력발전기의 정격 용량을 초과하는 풍속에서 저저항의 덤프하중이나 인덕터를 통해 발생 전력을 소비하고 속도를 감속 시키는 방식이다.[1]

2.1.2 전기자반작용방식

전기자 반작용방식은 3상 동기발전기의 단락 시 발생되는 단락전류에 의한 전기자 반작용을 이용하는 것으로 단락 시 발생하는 전기자 자속과 계자자속의 인력을 제동력으로 이용하는 것이다.[1]

이와 같은 덤프부하방식 이나 전기자반작용방식 경우 대부분 릴레이나 MC 사용하며 순간 단락 시 단락전류 발생으로 인해서 풍력발전시스템 수명 단축 및 동기발전기 고장의 원인이 된다. 그러므로 PWM 스위치 방법을 적용을 통해서 단락전류를 억제 하고 한다.

2.2 단락전류

순간 단락 시 회전임피던스는 일정하지 않고 시간에 따라 그림1과 같이 변화되기 때문에 고장전류도 이에따라 변화된다.

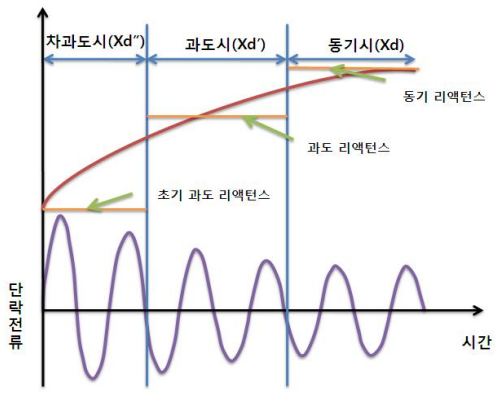

그림 1 단락전류의 변화 과정
Fig 1 Short-circuit current alteration period

초기 과도 단락전류가 비대칭 정현파로 되는 것이며 이 둘을 합성한 것으로 사고 직전의 전압을 나눈 값이 바로 초기과도 리액턴스가 되며 시간이 경과함에 따라 점차 대칭 정현파로 안정해 가는 것이다.

직류성분의 크기는 비대칭 교류성분의 크기를 결정하는 요소이며 이는 단락회로의 R:X의 비율(R:X Ratio=X/R) 및 전원전압의 최대치인 V_m에 의해 결정됨을 알 수 있다.

$$I_{dc} = \frac{V_m \cdot wL}{R^2 + X^2} e^{-\frac{R}{L}t} = V_m \cdot \frac{\frac{X}{R}}{R(1+\frac{X^2}{R^2})} \quad (1)$$

2.3 알고리즘

마이크로컨트롤러를 이용하여 풍속, 전압, 전류 측정하여 제동 범위 이상이 될 경우 PWM 스위치 제어를 통해서 풍력발전시스템의 속도 제어 가능 하며 제어범위 이하가 될 때 까지 제어 하게 된다. 또한 사용자가 비상시 판단에 따라서 비상스위치를 작동 할 경우 PWM 스위치 제어를 통해서 풍력벌전시스템의 속도를 제어 가능하도록 알고리즘 구성 하였다.

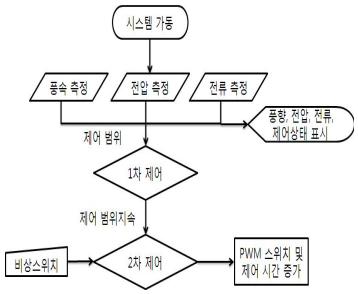

그림 2 알고리즘
Fig 2 Algorithm

3. 장치 실험

3.1 장치 제작

제어장치는 8bit AVR 마이크로프로세서인 ATmega128을 사용하여 설계하였으며 사영 및 장치사진은 다음과 같다.

표 2 장치 사양
Table 2 Device Specifications

항목			내용
마이크로 컨트롤러			ATmega128
분해능			10 bit
통신			RS 232c(19200bps)
모드	측정	풍속	0~40m/s
		전압	0~450V
		전류	0~30A
	스위치 제어		Phase Correct PWM
기능			LCD, 데이터 수집

그림 3 장치 사진
Fig 4 Device photo

3.2 장치 실험

풍속을 7 m/s 이상에서 제동과 PWM 적용한 제동을 통해서 순간단락 시 단락전류의 최대값은 13[A], 최소값은 13[A]로 측정되었다.

PWM 적용하여 단락 시 단락전류의 최대값은 4.80[A], 최소값은 6.2[A]로 측정되었다.

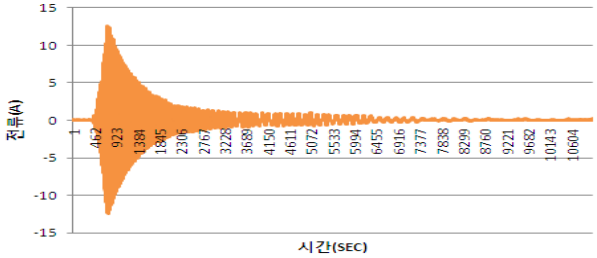

그림 4 단락 전류
Fig 4 short-circuit current

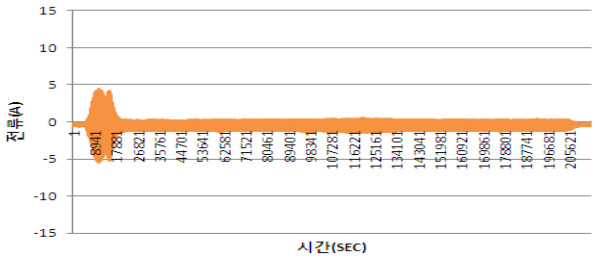

그림 5 PWM 방식을 적용한 단락 전류
Fig 5 PWM method for applying the short-circuit current

결론

본 연구에서는 소형풍력발전에서의 제동시스템 PWM 스위칭 방법을 제안 하였다,

(1) PWM 스위칭 방법을 사용하지 않을 경우 최대값은 13[A], 최소값은 13[A]로 측정되었다.

(2) 전기식 제동방식을 사용한 경우 제동시 단락전류의 최대값은 4.80[A], 최소값은 6.2[A]로 측정되었다.

(3) 전기식 제동방식을 사용하지 않은 경우보다 단락 전류의 크기를 월등하게 감소시킬 수 있었다.

(4) 단락전류의 크기를 감소를 통해서 풍력발전시스템 및 제동장치에 고장 억제 및 수명 연장에 도움이 되는 것으로 판단된다.

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2011년도 중소기업기술혁신개발사업(No. SA113194)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다

참 고 문 헌

[1] G.Y. Park. " A study on electronic braking system using wind power synchronous generator"s armature reaction" Journal of the Korean Solar Energy Society Vol 30.No.2010

[2] Hiroshi Takami, Optimal Unity Power Factor Control of Permanent Magnet Synchronous Motor With q-axis Field by Inverse LQ Method, pp. 117 ~ 126 (10pages), 전력전자학회, 2001. 10