

소형풍력발전기의 제동 방법에 관한 연구

박병주*, 문채주*, 장영학**, 김상만*

목포대학교 전기공학과*, 목포대학교 제어로봇공학과**

A Study on a Braking Method for Small Wind Power Generator

Byeong Ju Park*, Chae Joo Moon*, Young Hak Chang**, Sang Man Kim*

*Dept. of Electrical Engineering of Mokpo National University,

**Dept. of Control Robot Engineering of Mokpo National University

ABSTRACT

풍력 발전기는 과 풍속 시 전기적이나 기계적인 안전을 고려해 날개의 회전수를 줄이거나 정지하도록 제어된다. 소형풍력발전기는 스위치로 출력을 단락시켜 발전기를 정지시키며, 이때 큰 단락 전류로 인해 발전기 코일 또는 정류기 소손 등의 고장이 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 여러 개의 저항을 선택적으로 발전기 출력에 연결하도록 제어하는 방법을 제안하여 발전기가 안전하게 정지되게 하고, 200W 풍력 발전기를 대상으로 제안된 방법을 적용하여 과 풍속 환경에서 실험한 결과 발전기의 안정적인 제동을 확인하였다.

1. 서 론

오늘날 국제 사회에서 국제 유가는 수요 증가와 공급 불안으로 인하여 증장기적 상승 국면에 있으며, 당분간 고유가 현상은 지속 될 것으로 전망되고 지구 온난화를 비롯한 환경문제에 대한 관심과 심각성이 고조됨에 따라 연료를 주공급원으로 사용하는 시스템에서 연료 배기가스에 대한 규제가 강화되고 있는 추세이다. 고유가와 환경규제에 대응하기 위해서 새로운 대체에너지의 필요성이 대두되는 실정이며 그 일환으로 풍력발전이 주목을 받고 있다. 독일, 덴마크를 중심으로 하는 서유럽 여러 나라에서는 1970년대부터 풍력발전에 대한 많은 연구를 진행해 왔으며 그 결과 최근에는 수 MW급 풍력발전 시스템을 상용화하기에 이르렀다. 국내에서도 풍력발전 시스템의 실용화와 관련된 연구개발이 활발히 진행되고 있으며 제주도 등 다수의 지역에 중대형 풍력발전 시스템을 설치·운영하고 있다.

풍력발전 시스템은 100kW를 기준으로 중·대형과 소형으로 구분되며, 특히 소형풍력발전기와 관련된 인증기준은 에너지관리공단의 공사에 의해 30kW이하로 되어 있다.^[1]

소형풍력발전은 전도유망하지만, 아직까지 그 규모가 작은 것이 현실이다. 하지만 Pike Research의 분석에 따르면 전 세계적으로 매년 50MW 정도의 용량이 추가되고 있으나 2015년에는 3배가 될 것이라 분석하였다.^[2] 또한 소형풍력발전은 주거 시설로부터 가까운 지역에 설치되기 때문에 안전성이 중요하다. 소형풍력발전기의 사용에 있어서 발전기의 정상적인 운전이 불가능한 과도한 풍속이 발생할 경우 발전기의 고장이나 블레이드 파손을 방지하기 위한 제동 시스템은 기구적 시스템, 브레이크 시스템, Dump Load, 대용량 스위치를 이용한 발전기 출력 단락 등이 사용되고 있다. 출력 단락에 의한 제동 시스템

은 간단하면서도 효과적인 제동 방법이지만 단락 시 발생하는 큰 단락 전류로 인해 발전기 고장 등의 문제가 발생할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 부하 임피던스를 단계적으로 감소시켜 출력 전류를 점진적으로 증가함으로써 전기자 반작용으로 발전기의 회전 속도가 감소하는 방법을 제시하였다. 부하 임피던스는 저항 회로망으로 구성하였고 스위치를 프로그램으로 제어하여 저항 연결을 선택함으로써 풍속에 따라 여러 개의 저항이 직렬 또는 병렬로 연결되도록 제어하였다.

2. 실험

2.1 저항-스위치 회로

3개의 저항과 4개의 스위치로 회로를 구성하고 풍속에 따라 저항이 직렬 또는 병렬로 연결되도록 스위치를 제어하였다. 그림 1은 실험을 위해 부하 임피던스로 사용된 저항 스위치 회로이다.

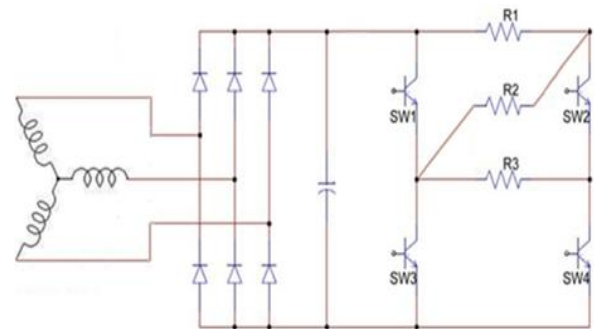


그림 1 저항 - 스위치 회로

Fig. 1 Resistor - Switch circuit

풍력 발전기는 수평축 200W이고, s1, s2, s3 그리고 s4는 DC SSR(Solid State Relay)을 사용하였으며, r1, r2, r3는 각각 10Ω, 5Ω, 3Ω,을 사용하였다. 과 풍속으로 인해 발전기의 출력 전압이 높아지면 프로그램으로 저항 스위치 회로의 합성저항 값이 작아지도록 스위치를 제어하였다.

2.2 스위치 동작

발전기 출력에 따라서 표 1과 같이 스위치를 제어하여 8개의 저항을 사용하는 것과 같은 효과를 얻는 합성저항 값이 만

들어져, 과 풍속 시 발전기의 출력 전압을 단계적으로 낮추어 발전기의 전기적 충격을 최소화하면서 제동을 한다.

표 1 스위치 동작과 합성저항
Table 1 Switch control and synthetic resistance

0: Off 상태 1: On 상태				발전기 동작	합성저항
S1	S2	S3	S4		
0	0	0	0	정상운전	∞
0	0	0	1	B r a k e	1단 $r1+r2+r3$
0	0	1	0		2단 $r1+r2$
0	1	1	0		3단 $r1+(r2//r3)$
0	1	0	1		4단 $r1$
1	0	0	1		5단 $r3$
1	1	0	1		6단 $r1//r2//r3$
1	0	1	0	정지	0

2.3 실험 장치 구성

소형풍력발전기 출력 전압 측정과 스위치 제어를 위해 그림 2와 같이 NI DAQ와 LabVIEW를 이용해서 측정 장비를 구성하고 제어 프로그램을 작성하였다.

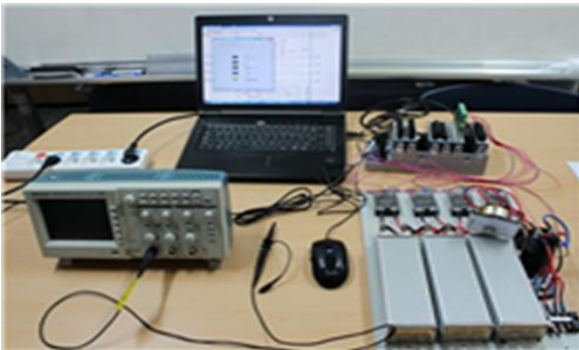


그림 2 측정 장비
Fig. 2 Measuring equipment

그림 3은 강풍기를 이용하여 강제로 과 풍속 대를 실험하는 사진이다. 200W 소형풍력발전기의 출력 전압이 20V일 때, 스위치를 단계적으로 동작하여 발전기의 출력 전압을 측정하였다.



그림 3 제동 실험
Fig. 3 Braking Test

3. 실험 결과

소형풍력발전기 출력 전압 20V를 과 풍속 조건으로 설정하고 단계적으로 스위치를 동작하여 합성저항 값 변화를 통해 NI DAQ장치로 출력 전압을 측정된 결과 그림 4와 같은 결과를 얻었다.

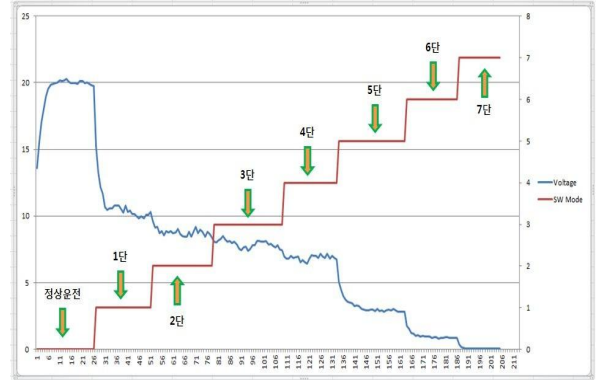


그림 4 스위치 제어와 발전기 출력 전압
Fig. 4 Switch control and the generator output voltage

소형풍력발전기 출력 전압 20V일 때 제동 1단계를 걸었을 경우 발전기의 출력 전압은 11V까지 감소하였으며, 단수를 증가함에 따라 9V, 7.5V, 6.5V, 3.5V, 2V, 0V로 발전기의 출력 전압이 감소하는 것을 확인하였다.

또한 단계적 제동 시 발전기의 회전속도도 느려졌으며, 7단계 제동 시에는 발전기가 정지하는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 소형풍력발전기의 제동 방법을 제안하였고 제안된 방법에 대한 실험을 하였다. 풍속에 따른 소형풍력발전기 출력 전압 변동에 따라 스위치를 제어하여 단계적으로 합성저항 값을 변화시키고, NI DAQ장치로 출력 전압을 측정된 결과 발전기의 전압이 감소하는 것을 확인하였으며, 발전기의 회전속도도 느려지는 것을 확인하였다.

본 연구는 “지식경제부”, “한국산업기술진흥원”, “호남광역경제권 선도사업지원단”의 “광역경제권 선도산업 육성사업”으로 수행된 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] 문대선(Dae Sun Moon), 김성호(Sung Ho Kim), “소형 풍력발전시스템을 위한 무선 원격 모니터링 시스템 개발”, 한국지능시스템학회, 한국지능시스템학회 논문지 22(4), pp.460-467, 2012
- [2] <http://www.renewableenergyworld.com>, “Small Wind Industry Set to Triple by 2015, U.S To Dominate Two thirds of the Market”