

농형유도 풍력발전기의 성능개선을 위한 에너지 저장장치의 동작특성 분석

심명보, 한병문
영지대학교

Operational Analysis of Energy Storage System to Improve Performance of Wind Power System with Induction Generator

Myong-Bo Shim, Byung-Moon Han
Myongji University

Abstract - This paper presents an active and reactive power compensator for the wind power system with squirrel-cage induction generator. The developed system is able to continuously compensate the active and reactive power. The 3-phase inverter operates for the compensation of reactive power, while the DC/DC converter with super-capacitors operates for the compensation of active power. The proposed compensator can be expected that developed system may be used to compensated the abrupt power variation due to sudden change of wind speed or sudden power-drop by tower effect. It can be also applied for the distributed generation and the Micro-Grid.

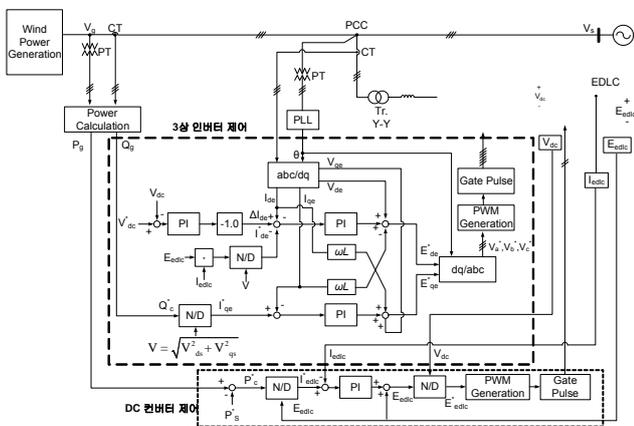
1. 서 론

풍력발전기로 많이 사용되고 있는 농형유도발전기는 구조가 간단하고 계통연계 시 별도의 전력변환기를 필요로 하지 않아 시스템의 규모가 작고 가격이 싼 장점을 갖는다. 그러나 풍속이 변동함에 따라 회전자계를 공급하는데 필요한 여자전류를 충당하기 위해 연계된 전력계통으로부터 변동하는 무효전력을 소모하고 이 변동하는 무효전력은 연계된 전력계통의 전압안정도를 저하시키는 원인이 된다[1]. 또한 풍속에 따라 짧은 시간동안 나타나는 유효전력의 변동은 연계된 전력계통에 나쁜 영향을 주므로 이를 보상할 필요가 있다[2,3]. 본 연구에서는 3상 전압원인버터, 양방향 DC/DC 컨버터, 슈퍼커패시터로 구성된 농형유도 풍력발전기의 유·무효전력을 실시간으로 보상하는 장치와 그 제어기의 구성을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성 및 제어

그림 1은 본 논문에서 기술하고 있는 유·무효전력 보상기와 제어기의 구성을 나타낸 것으로 풍력 시스템은 계통과 직접 연계되어 있고 유·무효전력 보상은 변압기와 리액터를 통해 병렬로 연결되어 있으며 유·무효전력 보상은 3상 인버터와 양방향 DC/DC 컨버터, 슈퍼커패시터로 이루어져 있다.



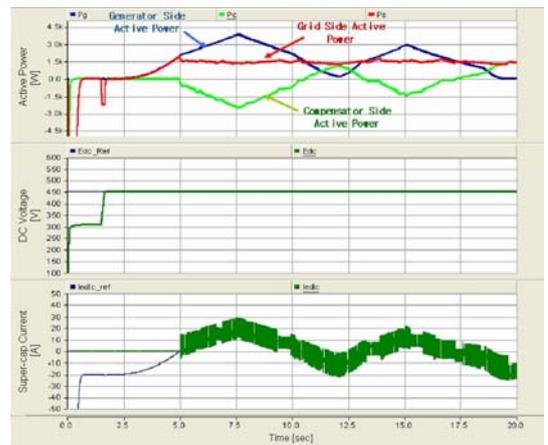
〈그림 1〉 유·무효전력 보상기의 구성

먼저 인버터의 유효전류제어는 DC 커패시터의 전압 Vdc를 측정하여 기준 값 Vdc*와 비교한 후 PI 제어기를 거쳐 ΔIdc*를 생성

한다. 이는 슈퍼커패시터의 유효전력으로부터 구한 Idc*와 합쳐져 발전기의 d축 전류 Idc와 비교되고 PI 제어기를 거쳐 q축 성분전류 Iqe의 외란성분과 합쳐진 후 연계점의 d축 성분전압 Vde와 더해져 인버터의 d축 기준전압 Ede*를 생성한다. 다음으로 무효전류제어는 보상무효전력의 기준값을 연계점의 교류전압 V로 나누어 기준값 Iqe*를 만들고 이를 실제 q축 전류 Iqe와 비교한 후 PI 제어기를 거쳐 d축 성분전류 Idc의 외란성분과 합쳐진 다음 연계점의 q축 성분전압 Vqe와 더해져 인버터의 q축 기준전압 Eqe*를 생성한다. 이렇게 구해진 기준전압 Ede*, Eqe*는 역변환을 거쳐 3상 성분의 기준전압으로 변환되어 PWM 발생기에 보내지고 인버터가 출력전압을 생성하는데 필요한 게이트펄스를 발생한다. 마지막으로 DC컨버터제어는 발전기가 공급하는 유효전력 Pg를 계통으로 공급할 기준유효전력 Ps*와 비교하여 오차 Pc*를 구한 후 유효전력의 보상기준으로 충·방전을 제어한다. 이 기준전력 Pc*를 슈퍼커패시터의 전압 Eedlc로 나누어 슈퍼커패시터에 흐르는 기준전류값 Iedlc*를 만들고 실제 측정된 슈퍼커패시터의 전류 Iedlc와 비교하여 PI 제어기를 거친 후 퍼드포워드된 슈퍼커패시터의 전압 Eedlc와 합하게 된다. 이를 다시 DC 링크전압으로 나누어 단위크기로 환산한 후 PWM 발생기를 거쳐 DC 컨버터의 출력전압생성에 필요한 게이트펄스를 생성한다.

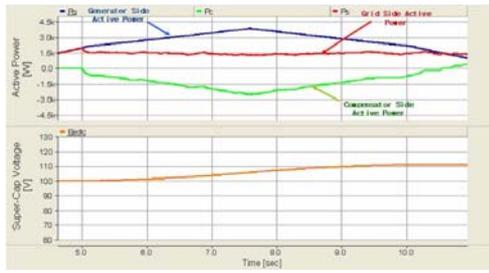
2.2 시뮬레이션

제안하는 보상기에 의한 농형유도 풍력발전시스템의 유·무효전력보상특성을 해석하기 위해 PSCAD/EMTDC에 의한 시뮬레이션을 실시하였고 시뮬레이션 대상은 3상 220V, 3.7kVA의 농형유도 풍력발전시스템으로 하였으며 농형유도 풍력발전에서 발생하는 무효전력을 보상하고 계통으로 일정 유효전력을 보내는 것으로 가정하였다. 그림 2와 3은 시뮬레이션에 대한 결과 파형을 나타낸 것으로 유·무효전력과 전류의 측정방향은 그림 1에 나타나 있다. 그림 2는 5초에서 보상기를 투입하였을 때 계통으로 보내는 전력을 1.5kW로 일정하게 보상하는 모습을 나타낸 것으로 이 때 DC 링크 전압이 안정적으로 제어됨을 확인 할 수 있고 슈퍼커패시터에 흐르는 실제전류가 기준 전류값을 추종함을 확인 할 수 있다.

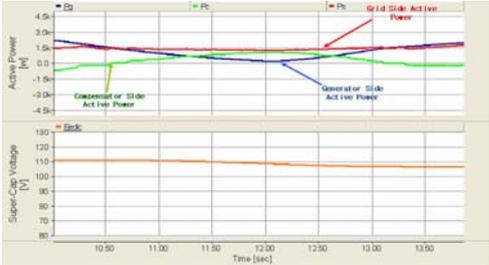


〈그림 2〉 유효전력 보상, DC링크 전압, 슈퍼커패시터 기준 전류값에 대한 실제전류

그림 3은 보상기의 슈퍼커패시터가 계통으로 전력을 일정하게 보내면서 최대전압 범위 안에서 충·방전하는 모습을 나타낸다.



(a) 충전시

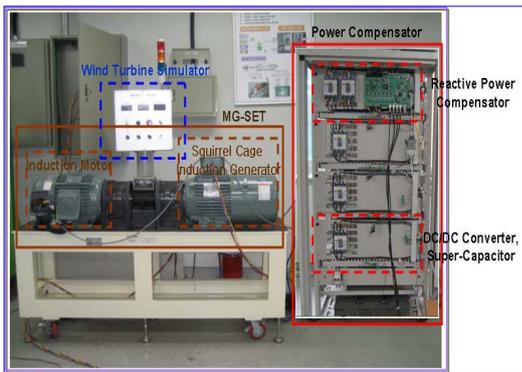


(b) 방전시

<그림 3> 충·방전 시 유효전력보상 및 수퍼커패시터 전압

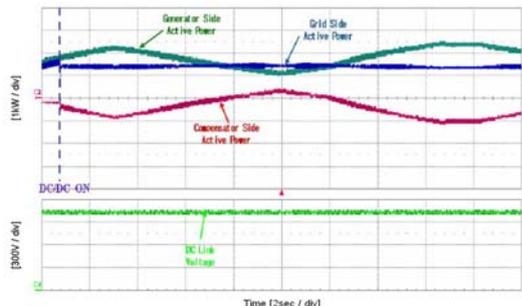
2.3 하드웨어 제작 및 실험

하드웨어 실험을 위해 제작된 유·무효전력 보상기의 실물사진은 그림4와 같다. TI사의 TMS320vc33-150 DSP와 Altera사의 EP1K100QC108 EPLD를 사용하여 제어보드를 구성하였고 HMI(Human Machine Interface)프로그램에 임의의 풍속을 입력하여 터빈이 발생하는 토크특성을 출력하고, 이 토크 값이 RS-232통신으로 유도전동기의 벡터구동장치에 보내져 발전기에 해당 출력을 공급하도록 하였다.



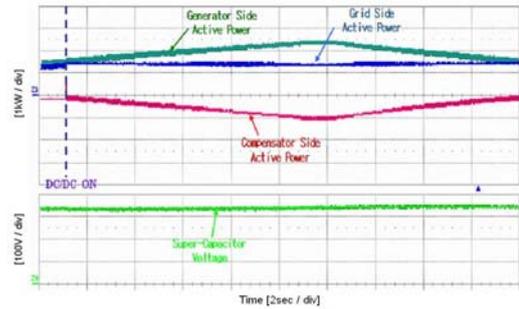
<그림 4> 농형유도 풍력발전과 개발된 보상기의 하드웨어 실험장치

그림 5는 1.5kW로 유효전력을 보상 하였을 때의 각 부분유효전력 파형이다. 발전기 측 유효전력이 발생하였을 때 이에 대한 보상기 측 유효전력이 발생하여 계통 측 유효전력을 1.5kW로 일정하게 유지시켜 주면서 DC링크 전압을 일정하게 유지 하고 있음을 확인할 수 있다.

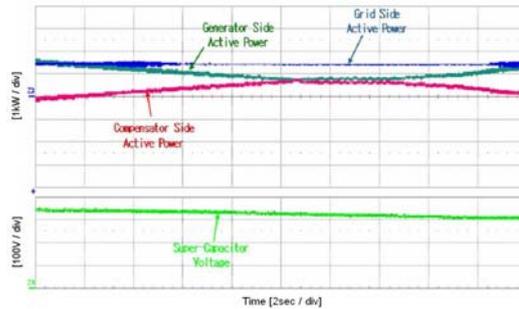


<그림 5> 유효전력 보상과 DC 링크 전압

그림 6은 충전구간과 방전구간에서의 유효전력 보상기의 동작을 나타낸 것으로 1.5kW의 유효전력을 계통으로 일정하게 보내는 것과 동시에 수퍼커패시터의 전압이 상승 또는 하강하는 것을 확인할 수 있다



(a) 충전 시



(b) 방전 시

<그림6> 충·방전 시의 유효전력 및 수퍼커패시터 전압

3. 결 론

본 논문에서는 풍속의 변동에 따라 농형유도발전기가 소모하는 무효전력과 생산하는 유효전력의 변동을 실시간으로 보상하는 보상장치를 제안하였다. 제안하는 유·무효전력보상장치는 3상인버터를 무효전력 보상기로 동작하여 실시간 보상을 하고 유효전력은 DC/DC 컨버터와 수퍼커패시터를 통해 보상 하도록 설계하였다. 본 논문에서 개발한 유·무효전력보상장치는 농형유도 풍력발전에서 급작스런 풍속변동이나 Tower Effect 등에 의한 순간 전력강하를 보상하는데 유용하다. 또한 풍력발전뿐만 아니라 향후 DC Micro-Grid에 에너지저장장치로서 수퍼커패시터를 이용하는 등 여러 분야에서 활용될 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 논문은 지식경제부(과제번호 R-2007-1-105-03)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서 관계부처에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 송승호, 김일환, 한 병문, “풍력발전기의 전기적 특성과 계통연계시 상호작용”, 전력전자학회지, 제8권 제6호, pp. 21 ~ 27 (7pages), 2003. 12.
- [2] M. Lu, C. Chang, W. Lee, L. Wang, “Combining the Wind Power Generation System with Energy Storage Equipments”, IEEE IAS Annual Meeting, pp. 1-6, Oct. 2008.
- [3] N.P.W.Strachan, D. Jovcic. “Improving wind power quality using an integrated Wind Energy Conversion and Storage System(WECSS)”, IEEE PES GM, pp. 1-8, July. 2008.