

배터리 에너지 저장장치를 이용한 10kW 풍력발전출력 안정화 시스템 개발

오승진, 한병문

명지대학교

Battery energy storage system for 10kW wind turbine output stabilization

Seung – Jin Oh, Byung – Moon Han

Abstract

This paper presents a simulation model and results of experiment about analysis of grid-tied wind turbine generator with batteries. The system consists of two inverters and a bidirectional DC/DC converter.

These inverters are to capture the maximum active power under varying wind conditions and to keep the DC-link voltage magnitude at a specific level. And the bidirectional DC/DC converter makes battery charging or discharging depend on power gap between wind turbine output and local load.

1. 서론

최근 화석 연료 고갈에 따른 대체 에너지원에 대한 필요성이 대두됨에 따라 신 재생 에너지에 의한 전력 생산과 이의 활용에 대한 연구개발이 급속히 증가하고 있다. 하지만 이러한 신 재생에너지원을 이용한 발전은 에너지원이 자연조건에 의존하는 특성으로 인하여 전력 공급의 안정성 및 지속성에 단점을 가지게 된다.

풍력발전의 에너지원인 바람은 기상 조건과 지형적인 특성에 따라 매 순간 불규칙하게 변동한다. 이러한 바람의 변동은 블레이드가 터빈 회전축에 공급하는 토크의 변동으로 나타나고 이것은 발전기가 생산하는 유효전력의 변동으로 나타나 결국에는 연계된 전력 계통에 안 좋은 영향을 끼치게 된다. 따라서 풍력 발전을 전력계통과 연계하여 안정적인 전력공급을 하기 위해서는 에너지 저장장치를 설치하여 예상치 못한 공급전력 변동을 방지하여야 한다.

본 논문은 풍속에 따라 수시로 변동하는 풍력발전의 출력을 실시간으로 보상하는 에너지 저장장치를 적용하여 시스템을 구성하였다. 풍력발전과 로컬 부하에서 사용되는 전력 차이만큼을 에너지 저장장치인 배터리에 저장하거나 방출하여 부하에 일정한 전력이 공급하게 하고 계통에 사고 발생시 단독운전 모드로 동작하여 계통과 전력 흐름을 차단한 상태에서 부하에 안정한 전력을 공급하도록 하였다. 제안하는 시스템의 동작확인과 성능을 분석하기 위해 PSCAD/EMTDC에 의한 시뮬레이션 모델을 개발하고 실제 하드웨어 장치를 제작하여 실험결과를 확인하였다.

2. 본론

2.1 시스템 구성

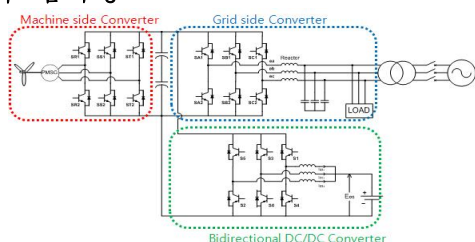


Fig. 1 시스템 회로도

그림 1.은 전체적인 시스템 회로도를 나타낸 것으로 발전기 측 컨버터는 풍력발전 출력을 최대 추종하는 최대 출력점 제어를 수행하고 계통 측 컨버터에서는 DC-Link 일정 전압 제어를 수행하여 발전된 전력이 로컬 부하나 계통으로 안정하게 공급 수 있도록 한다.

마지막으로 양방향 DC/DC 컨버터에서는 풍력 발전량과 부하에서 소비하는 전력량을 비교하여 그 차이만큼의 에너지를 배터리에서 충/방전 할 수 있도록 배터리의 전력량을 제어하여 전체 시스템의 에너지 흐름을 관리한다.

2.2 풍력터빈 시뮬레이터

블레이드의 공기역학적 특성과 기계적 특성을 바탕으로 주어진 풍속에 대해 발전기에 전달해줄 토크 값을 계산하여 발전기에 토크를 입력하는 풍력 터빈 시뮬레이터를 개발하였다. 영구자석형 동기 발전기 회전속도는 스케일을 통하여 블레이드 회전속도로 변환되고, 풍속과 블레이드의 반경을 가지고 주속비를 구한다. 구해진 주속비와 피치각을 가지고 3차 함수로 모델링된 출력계수를 구하고 이 값으로 블레이드의 출력과 토크를 구하고 이 값을 스케일링 하여 10kW 영구자석형 동기 발전기에 적합한 토크를 산출한다.

2.3 발전기측 인버터 제어

발전기측 인버터에서는 풍력출력에 대한 최대출력점 제어를 수행하게 된다.

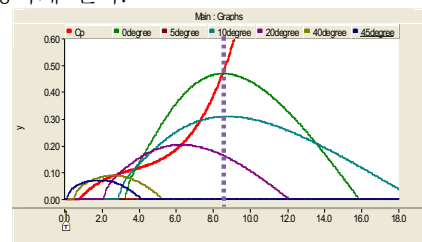


그림.2 주속비와 피치각에 대한 출력계수

주속비란 블레이드가 회전할 때 블레이드의 끝이 그리는 원호의 접선방향의 속도와 풍속간의 비율로 다음과 같은 관계식으로 표현이 가능하다.

$$\lambda = \frac{\omega_{blade} R_{blade}}{V_{wind}} \Rightarrow \omega_{blade}^* = \frac{\lambda \cdot V_{wind}}{R_{blade}}$$

ω_{blade} : 블레이드의 회전 각속도

R_{blade} : 블레이드의 반경

V_{wind} : 풍속

위와 같이 발전기가 특정 풍속에서 알맞은 회전 각속도로 회전하면 일정한 주속비를 가질 수 있게 되고 이 값을 출력계수가 최대인 값에 맞게 동작시키면 풍력발전이 최대출력을 갖는 점을 추종할 수 있게 된다.

여기서 발전량이 정격출력인 10kW를 초과할 경우에는 피치각을 변화시켜 Cp값을 감소시킨다. 이로 인해 발전기 출력이 정격을 넘지 않게 제어해준다.

2.4 에너지저장의 운용

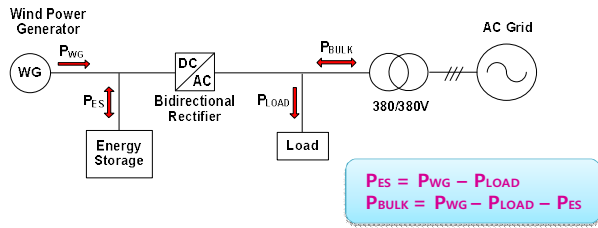


그림 3. 전력흐름도

그림 3.은 전력흐름도를 나타낸다. 에너지저장 장치는 DC-Link의 전력상황에 따라 충방전 동작이 자유롭게 이루어지며 에너지저장 장치의 용량이 한계에 이르면 계통과의 수급관계가 행해짐으로써 전체 시스템의 전력균형을 유지한다.

PPMSG가 PLOAD보다 클 경우에 충전모드로 동작하고 이때 충전되는 전력은 두 측정값의 차이가 된다. DC/DC컨버터에 의해 충전동작을 시작하고 배터리 전압이 설정한 최대 전압 값까지 증가하면 충전동작을 멈추고 이때 잉여전력은 계통으로 공급하도록 하며 배터리가 완전히 충전되지 않으면 계속하여 전력관리 제어를 수행한다. PPMSG가 PLOAD보다 작을 경우 방전모드 동작을 시작하고 이때 방전되는 전력은 두 측정값의 차이가 된다. 충전시와 마찬가지로 배터리 컨버터가 방전을 하다가 완전방전을 하게 되면 컨버터는 동작을 멈추고 이때의 부족한 전력은 계통으로부터 공급받는다.

제어에 필요한 전력 값이 계산되면 배터리의 전압으로 나누어 전류값을 계산하게 되고 이 값이 전류제어 지령치로 입력되어 충방전 동작을 시작한다.

2.6 하드웨어 구성



그림 4. 시스템 구성

2.6 시뮬레이션 결과

그림 5.는 가변하는 풍속에서 발전기 출력 변동과 배터리 연계시의 동작 특성을 모의한 시뮬레이션 결과 파형으로 시스템의 정격 풍속인 11.5[m/s]일 때 정격출력인 10kW를 출력하고 풍속이 정격을 초과한 경우 피치각을 변화시켜 정격출력을 발전한다. 배터리는 5kW의 용량으로 풍력발전시스템의 출력이 부하에서 사용하는 것보다 높은 경우에는 에너지를 충전하고 있다가 에너지가 반대의 경우 에너지를 방출하여 계통에서는 에너지의 이동이 없는 것을 확인 할 수 있다. 하지만 배터리의 용량이 한계치에 도달 했을 때에는 그 에너지의 잉여분을 계통에 공급하거나 공급 받는 것으로 시뮬레이션 결과를 확인 할 수 있었다.

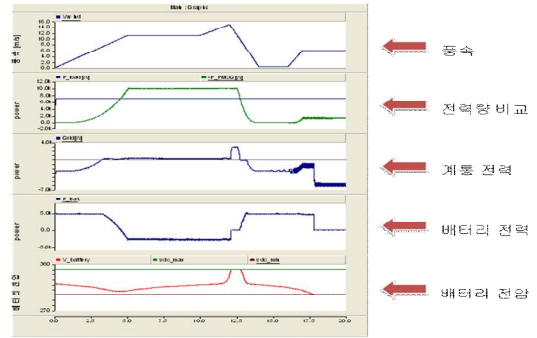
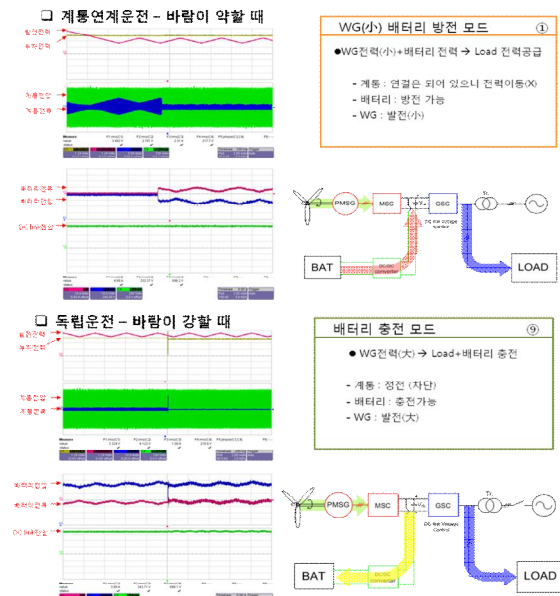


그림 5. 시뮬레이션 결과

2.7 실험 결과



위의 파형들은 여러 모드별 동작 특성 중 두가지 모드를 나타낸 것이다. 각각의 모드는 배터리의 충전상태와 바람의 세기에 따른 풍력발전 출력에 따라 결정되게 된다.

3. 결론

본 논문은 풍력시스템과 에너지 저장장치를 이용하여 계통연계형 풍력발전 시스템에 대한 동작특성을 모의하고자 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용하여 시뮬레이션 모델을 개발하고 시나리오를 통해 그 동작을 확인하였다. 그리고 실제 하드웨어 장치를 제작하여 동작특성을 분석하고 시스템의 타당성을 검증하였다.

본 논문은 지식경제부의 에너지자원인력양성사업의 지원으로 명지대학교 분산전원복합융합연구센터를 통해 수행되었습니다.