

Energy Storage용 태양광 발전시스템 운전

장수진, 강호현, 정상민, 류강열, 고병현, 김왕문, 서인영
(주)효성 중공업연구소

Photovoltaic Generation System Operation for Energy Storage

S.J Jang, H.H Kang, S.M Jung, G.Y Ryu, B.H Ko, W.M Kim, I.Y Suh
Power & Industrial Systems R&D Center of Hyosung Corporation

ABSTRACT

본 논문은 태양광 인버터에 배터리 저장 장치가 포함된 ES(Energy Storage)용 태양광 발전시스템에 관한 내용이다. 배터리에 에너지를 충/방전시키기 위한 절연형 양방향 컨버터를 제안 하였으며, 태양광 발전시스템과 에너지 저장 시스템과의 운전 알고리즘에 대해 제안하고자 한다.

1. 서 론

현재의 전력 공급 시스템에서는 효율적인 저장 수단이 미비하기 때문에 전기 공급이 부족하거나 초과 될 때 주파수가 감소 혹은 증가되어 전기 품질에 중대한 문제가 발생한다. 태양광 발전과 같은 신재생에너지 발전시스템은 출력변동이 크고 불규칙하기 때문에 주파수를 일정하기 유지하기 위해서는 급격한 제어가 필요하다. 신재생에너지는 정확한 출력예측이 어렵기 때문에 갑자기 에너지원이 소멸할 때를 대비해 그리드가 예비력을 갖추어야 하므로 이를 위해서는 고가의 화력 발전기를 운영해야 하므로 효율적인 그리드 운영을 저해한다.

종래의 배전계통에 있어서의 전력조류는 변전소에서 선로말단을 향한 단방향 이었지만, 분산형 전원이 연계된 배전계통의 경우에는 그 출력용량의 여부에 따라 양방향의 전력조류가 발생할 가능성이 있어 계통운용상 여러 문제점이 야기된다. 역조류가 발생하게 되면 연계지점의 전압이 높아져 적정전압 조정능력을 상실하게 될 가능성이 크고 특히 태양광은 발전량의 변동을 미리 예측할 수 없기 때문에 더욱 전압조정이 어렵게 되어 보호기기들의 오동작 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 태양광 발전의 전력품질 저하 문제 해결책으로 '태양광 발전용 전력저장장치' 도입이 필요하게 된다.^[1]

국내 총 에너지 수요는 지속적으로 증가하여 2030년에 342.8백만 TOE로 2010년 대비 약 33% 증가가 예상되는 가운데, 정부는 "그린 에너지 기술 혁신을 통한 신 성장동력 육성과 저탄소 녹색사회 구현"이라는 비전을 설정하고 2030년까지 세계 최초로 국가 단위의 스마트그리드 구축을 추진 중에 있다.

스마트그리드는 지능형 전력망 구축을 기반으로 전력, 통신, 가전, 건설, 자동차, 에너지 등 유관산업 간의 융합 및 시너지 기회를 제공하는 국가 단위의 녹색 성장 플랫폼으로 정의된다. 신재생에너지를 이용한 스마트그리드 시스템 구성 시 에너지를 효율적으로 이용/관리 할 수 있으며, 전력 수요에 따른 발전량,

에너지 충/방전량을 제어할 수 있다.

본 논문에서는 태양광 발전의 급격한 발전출력 변동 문제점을 해결하고 스마트그리드 운용 상 효율적인 에너지 사용을 할 수 있도록 에너지 저장장치가 포함된 태양광 발전시스템을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 에너지 저장장치 태양광 발전시스템 구성

그림 1은 태양광 발전시스템, 에너지 저장시스템, 태양광 발전시스템에서 발생된 전력과 에너지 저장시스템에 저장된 전력을 효율적으로 제어하기 위한 EMS(Energy Management System), 이를 실시간으로 통합 운영하기 위한 운영센터로 구성된 에너지 관리 시스템을 나타낸다. 본 논문에서 제안한 발전시스템은 EMS로부터 지령된 전력 제어에 따라 운전되며, 실시간 전기요금의 형태에 따라 다양한 운전 모드로 동작하게 된다.

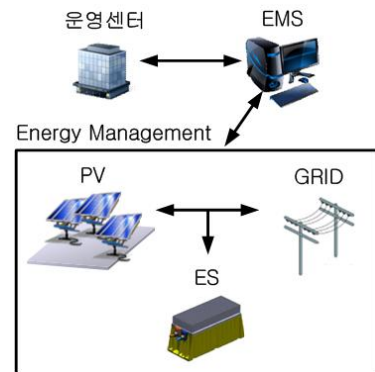


그림 1 에너지 관리 서비스
Fig. 1 Energy Management Service

그림 2는 기존 태양광 발전시스템과 에너지 저장장치, 에너지를 충/방전 제어하기 위한 양방향 컨버터로 구성된 전체 시스템을 나타낸다. 태양광 발전시스템은 태양전지의 출력을 MPPT 제어하고 승압하기 위한 비절연형 컨버터와 계통에 전력을 공급하기 위한 인버터로 구성된다. 양방향 컨버터는 방전 모드(승압모드)에서 능동클램프 풀브리지로 동작하며, 충전 모드에서는 하프브리지로 동작한다.

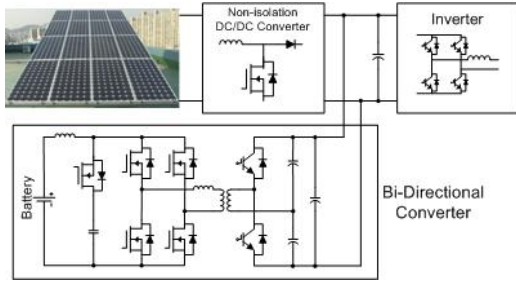


그림 2 ES용 태양광 발전시스템
Fig. 2 Photovoltaic Generation System for Energy Storage

2.2 절연형 양방향 컨버터

그림 3과 같은 양방향 컨버터의 방전 모드는 기본 풀브리지 컨버터에 하나의 클램프 스위치와 커패시터가 추가된 형태이다. 이 방전 모드의 특징은 스위치 전압이 클램프 커패시터에 걸리는 전압으로 제한된다. 1차측의 주스위치가 턴 온 시 에너지를 저장하고, 턴 오프 시 에너지를 전달하게 된다. 변압기의 누설 인덕턴스와 스위치의 기생 커패시터를 공진 요소로 사용하여 모든 스위치가 ZVS 동작하게 된다.^[2] 풀브리지 스위치와 클램프 스위치 모두 ZVS 동작을 하기 때문에 턴 온 손실은 발생하지 않는다. 또한, 본 논문에서 제안한 양방향 컨버터는 ZVS를 위한 데드타임을 일정한 값으로 고정 시킬 수 있는 비대칭 구동 방식을 적용하는 것이 유리하다. 이 방식은 대칭 방식에 비해 각 스위치에서의 시비율이 제한되지 않으므로 제어 폭을 충분히 넓게 사용할 수 있게 되어 부하 변동 폭이 큰 시스템에도 적용이 용이하다.

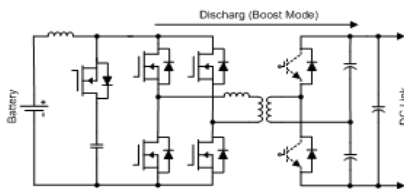


그림 3 방전모드(Boost mode)
Fig. 3 Discharge Mode(Boost mode)

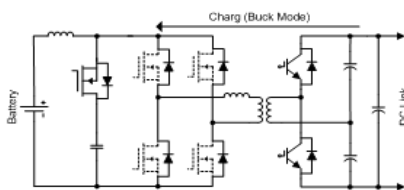


그림 4 충전모드(Buck mode)
Fig. 4 Charge Mode(Buck mode)

2.3 ES용 태양광 발전시스템 운전 알고리즘

스마트그리드 시스템에 적용하기 위한 ES용 태양광 발전시스템은 6가지의 운전모드를 가질 수 있으며 운전모드의 활용 방법에 따라 발전시스템의 경제성 및 사양이 결정된다. 모든 운전모드에서는 부하 밸런스 개념을 적용하였으며, 운영시스템 [EMS]의 운전 지령에 의해 운전모드가 결정된다.^[4]

그림 5 (a)는 일반적인 태양광 PCS의 동작 상태를 나타낸다. 비절연형 boost 컨버터는 MPPT 동작을 수행하며, 인버터는 계통에 전력을 공급한다. (f)는 에너지 저장장치의 충전량

이 태양광 발전량 보다 클 경우이다. 이때 인버터는 컨버터로 동작하게 된다. (c)와 (e)는 태양광 발전 전력이 없는 경우, 또는 태양광 발전 전력이 급격하게 감소하여 에너지 저장장치에서 계통으로 에너지를 공급하게 되는 경우를 나타낸다. 이와 같이 본 논문에서 제안한 발전시스템은 그림 5와 같이 최대 여섯 가지 운전 모드로 동작할 수 있게 된다.

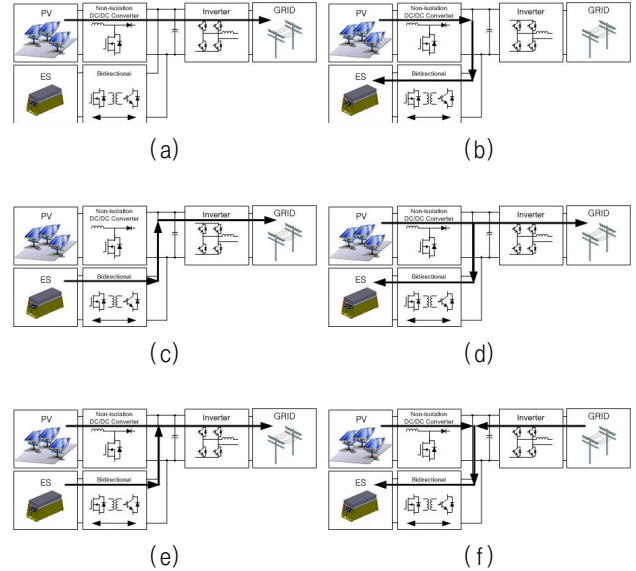


그림 5 ES용 태양광 발전시스템 알고리즘
Fig. 5 Photovoltaic Generation System Algorithm for ES

또한, 에너지 저장장치가 포함된 태양광 발전시스템의 최적 운전은 단순 전력의 보완뿐만 아니라 계통의 요구 전력 및 시간 별 전기요금에 따라 달라지며 전기요금(또는 전기생산비용)을 저감하는 측면으로 접근해야 하므로 계통의 부하 패턴 및 전기요금에 대한 사전 선정이 중요하다. 또한 상위기에서 계통의 상황 및 전기요금에 따라 계통의 요구전력이 지령될 때 운전모드가 결정된다.

3. 결론

본 논문에서 제안한 양방향 컨버터는 전력 수요에 따라 충전 모드 및 방전 모드로 구동되며 실시간 전력(전기)요금에 따라 에너지를 충/방전 하게 된다. 또한 태양광 발전과 같이 일사량에 따른 출력 변동이 심한 발전시스템에서 출력변동을 안정되게 제어할 수 있다.

참고 문헌

- [1] 에너지경제연구원, "스마트그리드 로드맵", 2009. 12
- [2] 김성호 외, "연료전지 시스템용 양방향 DC-DC 컨버터 설계 및 제어", 전력전자학술대회논문집, 2004. 7
- [3] K. Wang, C.Y. Lin, L. Zhu, D. Qu, F.C. Lee and J.S. Lai "Bi-directional DC to DC Converter for Fuel Cell System", Power Electronics in Transportation Conf. of the IEEE, pp. 47-51, 1998.
- [4] 최규영 외, "태양광 전력변환장치 일체형 양방향 배터리 충전기 시스템", 전력전자학술대회논문집, 2010. 7