

Active Power Filter기능을 가지는 PV-BESS시스템 연구

한동화, 최중묵, 이영진, 조영훈, 최규하
건국대학교 전기공학과 전력전자연구실

The Study of PV-BESS System with Active Power Filter Function

Dong hwa Han, Jung muk Choi, Young Jin Lee, Young hoon Cho, Gyu ha Choe
Department of Electrical Engineering, Konkuk University

ABSTRACT

기존의 태양광 시스템은 일사량이 존재할 경우 즉 태양이 있을 경우에만 동작하는 낮은 활용도를 가진다. 본 논문에서는 태양광에서 발전되는 불규칙적인 에너지를 효과적으로 사용하기 위해 BESS 시스템을 결합하여 태양광 시스템의 활용도를 높이며, 계통의 전원의 안정화를 위하여 Active Power Filter기능을 수행한다. 논문에서는 이를 구현하고 타당성을 검증하였다.

1. 서론

태양광 에너지는 다른 신재생 에너지원과 달리 운영과 유지 보수 비용에 장점을 가져 일찍이 많은 연구가 진행되어왔다. 그러나 기존의 방식은 태양광만을 에너지원으로 사용하기 때문에 일조시간에만 시스템이 활용되는 낮은 활용도를 가진다. 또한 일사량, 구름의 유무, 온도에 의해 태양광의 발전량이 결정되어 시스템이 계통과 연계될 경우 일정한 전력을 계통에 공급할 수 없으며, 또한 대부분의 운전시간 동안 시스템의 정격이 아닌 낮은 전력에서 운전되어 저품질의 전력을 공급하게 된다.

시스템에 비선형 부하가 연계될 경우, 계통연계동작에서는 계통의 전기품질을 낮추며, 독립운전의 경우 비선형부하가 연계될 경우 출력전압의 파형을 왜곡시킨다.

본 논문에서는 이러한 태양광 시스템의 단점을 보완하기 위해 배터리 시스템을 이용, 불규칙적인 태양광에너지를 배터리로 양질의 전기로 바꾸며 동시에 전기부하가 적을 경우 배터리를 충전, 부하가 증가할 경우 방전하는 부하 평탄화를 꾀하였다. 또한 비선형 부하에 대한 전압 및 전류의 왜곡을 보상하기 위한 기능을 추가하였다. 본 논문에서는 태양광시스템에 배터리를 연계한 형태의 시스템의 동작 및 구현을 다루면 시뮬레이션을 통해 계통전류와 출력전압의 왜곡을 보상하기 위한 기능을 입증하고자한다.

2. Active Power Filter 기능을 가지는 PV-BESS 시스템

2.1 시스템의 구성

그림 1은 본 논문에서 사용된 Active Power Filter기능을 가지는 PV BESS시스템을 나타낸다. 전력변환장치는 태양광, 배터리, 계통이 연계되어 태양광 및 배터리의 에너지를 계통에 발전 또는 계통의 에너지를 배터리에 저장하는 다양한 에너지의 흐름을 가진다. 태양광 컨버터, 배터리 양방향 컨버터, 삼상

인버터의 총 3개의 전력변환 장치로 구성되며, 시스템의 모델링과 제어알고리즘 아래와 같다

2.2 시스템의 제어

(1) PV 컨버터의 제어

PV 컨버터는 태양광의 전압을 DC Link의 전압으로 승압하는 역할을 수행하며, 동시에 최대의 태양광 전력을 이용하는 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 운전을 한다. PV 컨버터의 제어기는 응답성이 빠른 2중 루프제어기로 구성되어 있으며, 태양광의 최대전력점을 추종하는 MPPT 제어가 추가된 형태이다. PV 컨버터의 제어는 먼저 MPPT를 통하여 최대전력점을 추종할 수 있는 태양광 기준전압을 만들어내며, 이를 2중계환루프를 통해 제어하며 Outer Loop에 전압제어기, Inner Loop에 전류제어기가 위치한 형태를 가진다. 먼저 전압제어기의 경우 MPPT를 통해 출력으로 나온 지령전압을 제어하며 이의 출력으로 전류지령이 나온다.

(2) Battery 양방향 컨버터의 제어

Battery 양방향 컨버터는 계통 연계 운전시 Battery 전류를 제어하며, 독립 운전시 DClink전압을 제어하며, 전류의 방향에 의해 Buck모드(충전)와 Boost(방전)모드로 동작된다. 제어규칙 및 전달함수는 PV컨버터와 같은 Boost 컨버터 동작을 유사하나, 스위치가 2개 존재하여 Buck 모드 동작 스위치, Boost 모드 동작 스위치는 상보적으로 동작한다.

(3) 삼상 인버터의 모델링제어

삼상 인버터는 계통연계동작시 태양광과 배터리의 전력을 계통과 연계하는 동작을 하며, 독립 운전시는 태양광 배터리의 전력을 부하에 공급한다. 또한 비선형 부하로 인한 계통전류의 왜곡을 보상하는 기능을 위해 부하전류를 센싱받아 부하전류의 기본과성분을 제외한 나머지 전류분을 인버터의 전류지령에 더하여 인버터에서 부하의 고조과성분을 보상하며, 또한 독립운전시 비선형 부하로인한 출력전압의 왜곡을 보상하는 기능을 수행한다.

3. Active Power Filter 기능을 가지는 PV-BESS 시스템의 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 구성

시뮬레이션은 Psim(9.0ver)를 이용하였다. 시뮬레이션은 계통연계시 비선형부하로인한 계통전류의 왜곡보상과, 독립운전시 비선형부하로 인한 출력전압 왜곡보상을 다루었다.

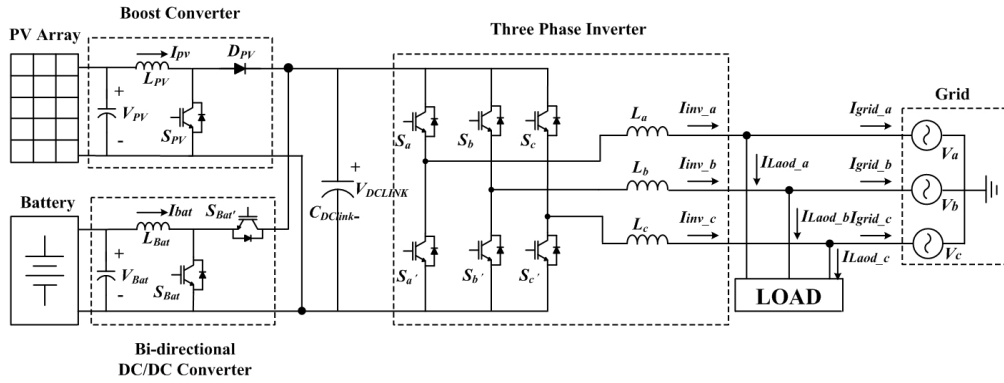


그림 1 Active Power Filter기능을 가지는 PV-BESS 시스템
Fig. 1 PV-BESS System with Active Power Filter Function

3.2 시뮬레이션 결과

계통연계시 비선형 부하로 인한 파형은 그림 2와 3에 나타내어져있다. 보상전 인버터전류는 정현파의 형태를 가지며, 계통의 전류는 비선형 부하의 전류를 포함한 왜곡된 형태를 가진다. 보상후 인버터전류는 비선형부하의 고조파성분이 포함되어 있으며 계통의 전류는 정현파로 유지된다.

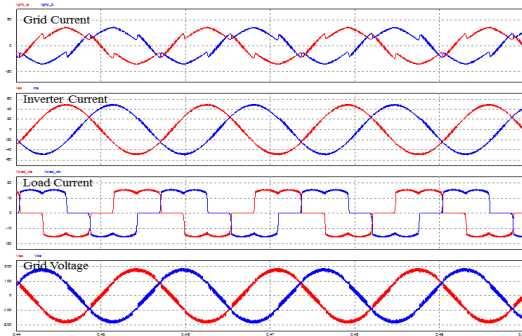


그림 2 계통연계시 비선형부하 연계동작 - 보상전
Fig. 2 Non-linear loads at grid connected operation - before compensation

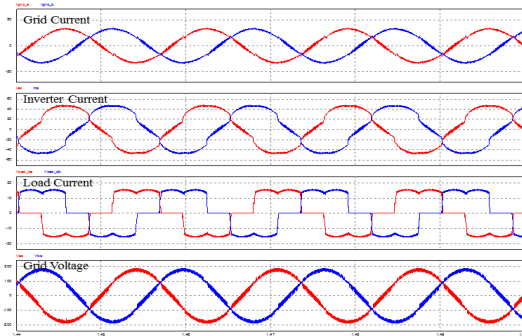


그림 3 계통연계시 비선형부하 연계동작 - 보상후
Fig. 3 Non-linear loads at grid connected operation - after compensation

독립운전시 비선형부하의 파형은 그림 4와 5에 나타내어져 있다. 보상전 인버터의 출력전압은 비선형부하로 인해 왜곡된 형태를 가진다. 또한 선형부하에도 왜곡된 형태의 전류가 발생된다. 보상후 인버터전류는 비선형부하의 고조파성분이 포함되어 있으며 인버터의 출력전압은 정현파의 형태로 유지된다. 또한 선형부하의 전류도 정현파로 유지된다.

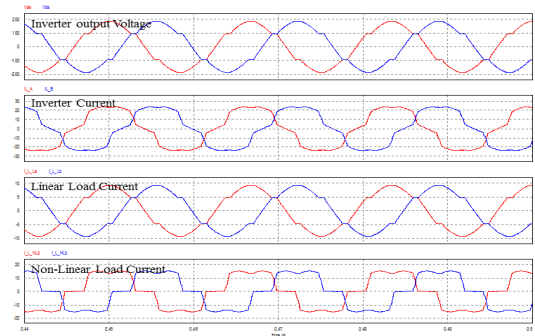


그림 4 독립운전시 비선형부하 연계 동작- 보상전
Fig. 4 Non-linear loads at stand alone operation - before compensation

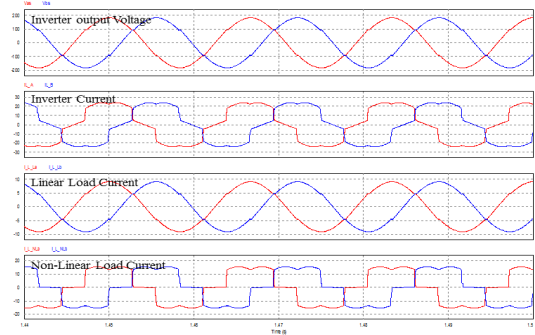


그림 5 독립운전시 비선형부하 연계 동작- 보상전
Fig. 5 Non-linear loads at stand alone operation - after compensation

4. 결론

본 논문 Active Power Filter기능을 가지는 PV BESS 시스템의 연구에서는 비선형부하로 인해 야기되는 문제점 즉 계통연계시 계통전류의 왜곡, 독립운전시 출력전압의 왜곡을 다루었으며 이를 시뮬레이션을 통하여 입증하였다.

참고 문헌

- [1] C.S. Du, C.H. Zhang, A. Chen, "Amplitude limiting for the photovoltaic (PV) grid connected inverter with the function of active power filter," in 2010 2nd IEEE International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems, Hefei, June, 2010, pp.426-432.