

분산형 ESS를 이용한 태양광 발전의 일정 출력 추종 알고리즘

류경*, 김준모*, 이정*, 엄태호*, 원충연*
성균관대학교*

Constant Power Tracking Algorithm of Photovoltaic Generation System using dispersed ESS

Kyung Ryu*, Jun-Mo Kim*, Jeong Lee*, Tae-Ho Eom*, Chung-Yuen Won*
Sungkyunkwan University

ABSTRACT

본 논문에서는 외부 환경에 따라 변화하는 태양광 발전의 간헐적 특성을 보완하기 위하여 ESS(Energy Storage System)를 연계하는 시스템을 구현하였다. 또한 태양광 발전의 출력에 따라 태양광 발전과 연계된 ESS를 이용하여 야간에 저장된 에너지를 방전하여 태양광 발전 출력을 일정하게 유지하는 태양광 발전의 일정 출력 추종 알고리즘을 제안하여, 태양광 발전의 간헐적 특성을 보완하였다.

1. 서론

신재생 에너지의 대표적인 태양광 발전의 경우 외부 요인에 의하여 출력의 간헐적인 특성에 따라 연계되어 있는 전력망 또한 변동하게 된다. 변동되는 전력망에 따라 연계된 나머지 발전량 역시 변동하기 때문에 안정적인 전력계통 운영에 문제가 발생할 수 있다. 그러므로 태양광 발전 출력의 간헐적인 특성을 보완해야 할 필요가 있다.^[1]

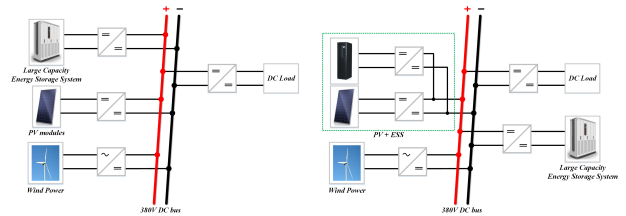
따라서 본 논문에서는 태양광 발전 출력의 간헐적인 특성을 보완하기 위하여 ESS를 연계하였다. 태양광 발전은 태양 전지의 특성 상 변환 효율이 낮고, 일사량과 온도에 따라 최대 전력이 나타나는 지점이 존재한다. 그러므로 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 제어를 통해 낮은 변환 효율에서도 발전량을 극대화해야 한다. 그러나 MPPT 제어를 수행하여도 일사량에 따라 최대 전력점이 변하기 때문에 태양광 발전 출력 역시 변하게 된다. 이에 따라서 부하의 전력 수요량과 각 신재생 에너지 발전 출력을 고려한 직류 배전 시스템에서의 대용량 ESS 운전 알고리즘은 복잡성을 띄게 된다. ESS의 분산화를 통해 태양광 발전과 연계하여 태양광 발전 출력을 일정하게 한다면 간헐적인 특성을 보완할 수 있으며, 운전 알고리즘의 복잡성을 줄일 수 있다. 제안한 알고리즘의 타당성을 검증하기 위해 태양광 발전 시스템은 3[kW]로 구성하였으며, 태양광 발전 시스템과 연계된 ESS는 태양광 발전 시스템의 최대 발전량의 80% 출력을 담당할 수 있도록 2.4[kW]로 구성하였다.

2. 본론

2.1 제안한 시스템 구성

그림 1 (a)는 신재생 에너지원과 DC 부하를 갖는 직류 배전 시스템을 나타낸다. ESS와 태양광 발전 시스템, 풍력 발전 시스템이 380[V_{dc}] 직류 배전망과 연계되어 있다.

직류 배전망에서의 ESS는 부하의 전력 수요량에 따라 잉여 전력 발생 시 에너지를 변환하여 저장하거나, 계통 전원이 사고로 인하여 탈락하거나 부하의 전력 수요량이 많은 경우 필요한 전력량을 공급하는 역할을 하게 된다.



(a) 일반적인 시스템 (b) 제안하는 시스템
(a) Conventional system (b) Proposed system

그림 1 직류 배전 시스템의 구성도

Fig. 1 The block diagram of DC distribution system

분산형 ESS와 태양광 발전 시스템이 연계된 구조의 직류 배전 시스템 구성은 그림 1 (b)와 같다. 태양광 발전 시스템과 연계된 ESS는 태양광 발전 출력이 감소하였을 경우, 태양광 발전 출력의 감소된 전력만큼을 대신 공급하는 역할만을 수행하게 된다. 대용량 ESS는 부하의 수요량에 따라 잉여전력을 저장하거나 부족한 전력량을 충당하는 역할을 수행한다.

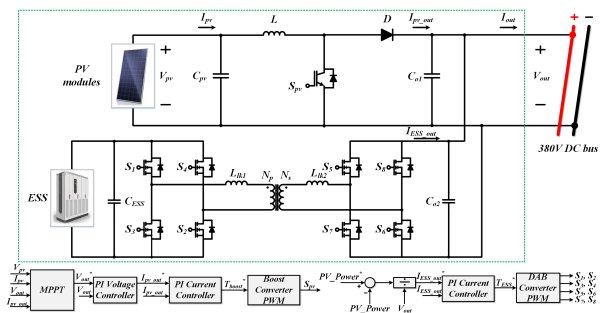


그림 2 ESS와 연계된 태양광 발전 시스템

Fig. 2 Photovoltaic generation system combined with the ESS

그림 2는 태양광 발전 시스템과 ESS가 연계되어 있는 구조를 나타낸다. 태양광 발전 시스템은 단방향 토폴로지 중 하나인 부스트 컨버터와 ESS의 충 방전을 위해 양방향 토폴로지인 DAB(Dual Active Bridge) 컨버터를 사용하였다.

태양광 발전시스템과 연계된 ESS는 충전할 시간이 필요하므로 태양광 발전량이 최대 발전량의 20%이하일 시 야간이라 판단하고 DC 배전망으로부터 충전을 수행하기 위해 시스템 용량을 선정하였다.

2.2 간헐적 출력 특성 보완 알고리즘

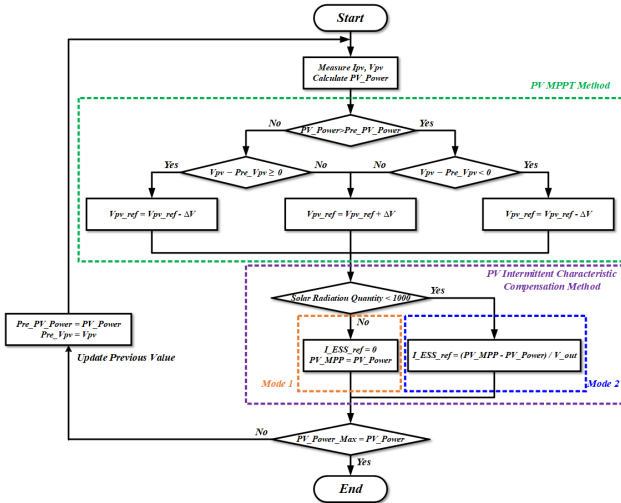
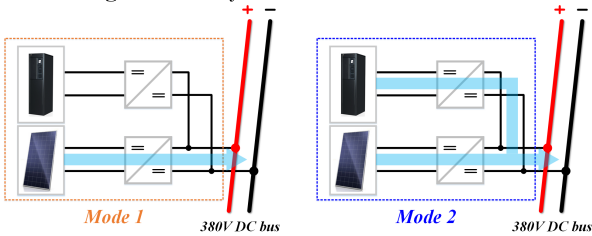


그림 3 제안하는 태양광 발전의 일정 출력 추종 알고리즘
Fig. 3 Proposed constant power tracking algorithm of photovoltaic generation system



(a) 모드 1 동작 (b) 모드 2 동작
(a) Mode 1 operation (b) Mode 2 operation

그림 4 각 모드 별 전력 흐름도

Fig. 4 Power flow diagram of each mode

그림 3은 제안하는 태양광 발전의 일정 출력 추종 알고리즘이다. 태양광 발전 시스템은 지속적으로 MPPT 제어를 수행하고 있으며, 일사량에 따라 Mode 1 또는 Mode 2로 나누어 동작하게 된다. MPPT 제어 방식은 간단한 피드백 구조를 가지면서 일반적으로 많이 사용되고 있는 P&O MPPT 제어 방식을 사용하였다.

그림 4는 일사량에 따라 동작하는 모드 별 전력 흐름도를 간략히 나타낸 그림이다. MPPT 제어를 수행하고, 일사량 값을 판단하게 된다. 일사량이 $1000[W/m^2]$ 인 상태면 태양광 발전 출력이 감소되지 않았으므로 그림 4 (a)와 같이 Mode 1로 동작하게 되며, 태양광 발전 시스템과 연계된 ESS는 동작하지 않고, 태양광 발전 시스템만 동작하게 된다.

일사량의 저하로 태양광 발전 출력이 감소하게 되면 감소된 전력만큼 태양광 발전 시스템과 연계된 ESS에서 방전하여 출력 전력을 일정하게 유지하기 위해 그림 4 (b)와 같이 Mode 2로 동작하게 된다.

Mode 1을 통해 저장되어 있던 태양광 발전 출력이 감소되

지 않은 상태의 최대 전력과 감소된 출력의 차를 이용하여 배터리의 전류 지령치를 생성하게 된다. 이에 따라 감소된 태양광 발전 출력량만큼을 태양광 발전 시스템과 연계된 ESS가 공급해주므로 정상상태에서의 태양광 발전 출력은 일사량이 변동해도 감소되지 않은 상태의 최대 전력을 낼 수 있다.

3. 시뮬레이션

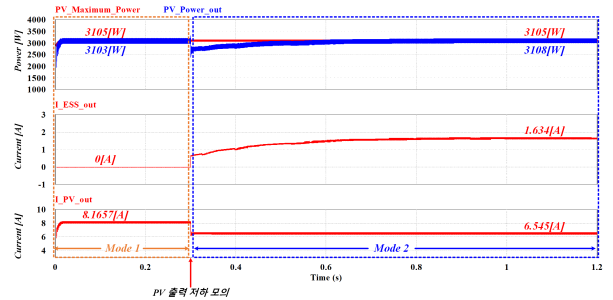


그림 5 제안한 알고리즘의 시뮬레이션 결과 파형
Fig. 5 Simulated result waveforms of proposed algorithm

그림 5는 ESS와 연계된 태양광 발전 시스템에 제안한 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 파형이다. 0.3초 전까지는 태양광 발전 출력이 감소하지 않았으므로 그림 3의 알고리즘에서 Mode 1로 동작하게 되기 때문에 태양광 발전 시스템과 연계된 ESS의 출력은 0이다. 동시에 MPPT 제어를 수행하고 있으므로 태양광 발전의 최대 출력을 추종하는 것을 확인하였다.

0.3초 이후 일사량을 $1000[W/m^2]$ 에서 $800[W/m^2]$ 으로 감소 시킴으로서 태양광 발전 시스템의 출력 저하를 모의하였고, 이 시간을 기준으로 Mode 2로 동작하게 된다. 모드 2로 동작하기 때문에 태양광 발전 시스템과 연계된 ESS가 방전하는 파형을 확인하였다. 약 0.9초 이후로 일사량이 감소되어 태양광 발전 시스템의 출력이 감소되었음에도 불구하고 ESS와 연계된 태양광 발전 시스템의 출력은 일사량이 감소되지 않은 상태의 출력을 유지하는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 태양광 발전의 출력을 일정하게 유지하여 발전 출력의 간헐성을 보완하고자 ESS를 연계하였다. 제안하는 태양광 발전의 일정 출력 추종 알고리즘을 적용하여 출력 전력을 일정하게 유지한다. 또한 시뮬레이션을 통하여 일사량에 변화에 따라 출력이 감소되었음에도 최대 출력을 냄으로서 제안하는 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20172410104900)

참고 문헌

[1] Y. Cheng, "Methods for mitigating the effects of intermittent energy production of photovoltaic sources," 2011 International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, Malaga, 2011, pp. 1-6.