

# 독립형 DC 마이크로그리드에서 BESS의 새로운 출력전압 제어기법

유승영, 한병문  
 명지대학교 전기공학과

## New Output Voltage Control Scheme for Battery Energy Storage System in Stand-alone DC Microgrid

Seung-Yeong Yu, Byung-Moon Han  
 Department of Electrical Engineering, Myongji University

### ABSTRACT

본 논문은 분산전원과 배터리에너지저장장치로 구성된 독립형 DC 마이크로그리드에서 배터리 에너지저장장치의 SoC변동에 따른 새로운 출력 전압 제어 방식을 제안하고 동작과 성능을 분석한 내용에 대하여 기술하고 있다. 제안하는 제어 방식은 SoC를 검출하여 일정한 게인 값을 곱하고 그 결과를 기저 전압에 더해 DC Grid 전압을 산출하는 방식이다. 제안하는 시스템의 동작타당성을 체계적으로 비교 분석하기 위해 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용하여 검증하였다. 이를 기반으로 하드웨어 시뮬레이터를 제작하고 실험을 실시하여 실제 독립형 DC 마이크로그리드에 적용 가능성을 확인하였다.

### 1. 서 론

신재생에너지원과 배터리에너지저장장치를 결합하여 전력을 공급하는 소규모 전력망인 마이크로그리드는 상용 전력망이 구비되어 있지 않은 오지나 낙도에서는 독립적으로 운전된다. 그동안 국내에서는 낙도의 경우 디젤엔진발전기를 사용하여 수용가에 전력을 공급하였지만 최근 유가와 환경 문제 때문에 독립형 마이크로그리드의 보급이 점차 확대되고 있다.<sup>[1]</sup>

또한 최근 AC 마이크로그리드의 단점인 무효전력 및 동기화 문제 때문에 마이크로그리드의 구성요소를 직류로 연결한 DC 마이크로그리드의 보급이 증가하고 있다.<sup>[2]</sup>

따라서 본 논문에서는 독립형 DC 마이크로그리드 시스템의 적용 가능한 제어방법을 제안한다. 이는 배터리에너지저장장치의 SoC 변동을 이용하여 DC Grid 전압을 산출한다. 본 논문에서는 제안하는 시스템의 동작타당성을 체계적으로 분석하기 위해 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용하여 동작과 성능을 검증하고 이를 기반으로 하드웨어 실험을 실시하여 실제 독립형 DC 마이크로그리드에 적용 가능성을 확인하였다.

## 2. 독립형 DC 마이크로그리드

### 2.1 시스템 설계

그림 1은 대표적인 독립형 DC 마이크로그리드의 구성을 나타낸 것이다. 분산전원으로는 태양광발전과 디젤엔진발전을 사용하였고, 배터리에너지저장장치가 더해져 구성되었다. 태양광발전의 경우 기상조건에 따라 발전량이 불규칙적이므로 수용가에 안정적인 전력을 공급하기 위해 배터리에너지저장장치가 필

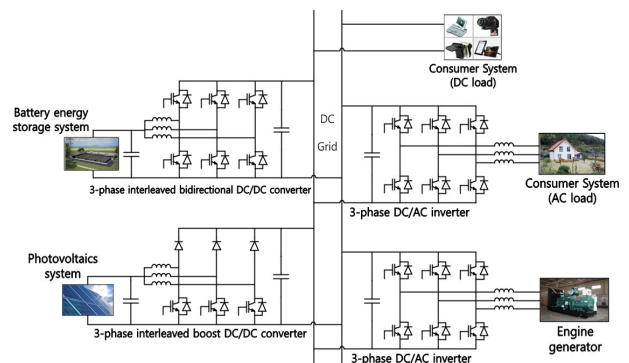


그림 2 독립형 DC 마이크로그리드의 구성  
 Fig. 1 Configuration of stand-alone DC microgrid

요하고 태양광발전의 출력이 충분하지 못한 경우를 대비하여 디젤엔진발전기를 결합하였다.

### 2.2 BESS의 DC 전압제어 기법

본 논문에서 제안하는 DC 전압 제어기법은 그림 2에 보인 바와 같이 배터리에너지저장장치의 SoC를 검출하여 게인 값을 곱한 결과를 기저 전압에 더하는 방식으로 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 게인 값과 기저전압 값을 도출하기 위해 식 (2)와 같이 배터리에너지저장장치의 SoC의 운용범위와 DC Grid 전압의 동작범위를 이용한다. 따라서 전압변동률을 고려하여 도출된 DC Grid 전압의 동작범위와 SoC의 운용범위를 설정하게 되면 기저전압  $V_{Base}$  와 게인 값  $K_{SoC}$ 을 도출할 수 있다.

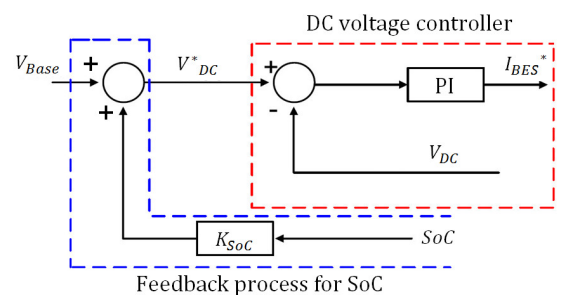


그림 2 제안하는 DC 전압 제어기  
 Fig. 2 Proposed DC voltage controller

$$V^*_{DC} = V_{Base} + (SoC \times K_{SoC}) \quad (1)$$

$$V^*_{DC\_Max} - V^*_{DC\_Min} = (SoC_{Max} - SoC_{Min}) \times K_{SoC} \quad (2)$$

### 2.3 시스템 동작 모드

그림 3에 SoC에 따른 3가지 동작모드를 나타냈다. 배터리의 SoC가 하한치인 20%에 도달하여 DC Grid전압이 최저치에 도달하면 엔진발전을 최대출력으로 가동하여 부하에 전력을 공급하고 배터리에너지저장장치를 충전한다. 또한 SoC가 60%에 도달하면 엔진발전의 출력을 중지한다. 태양광발전은 SoC가 20%에서 90%인 영역에서는 MP\_MODE인 MPPT 제어를 통해 생산된 전력을 부하에 공급하고 잉여전력은 배터리에너지저장장치에 공급하고 배터리의 SoC가 상한치인 90%에 도달함에 따라 DC Grid 전압이 상한치에 도달하게 되면 태양광발전의 출력을 인위적으로 저감하는 RP\_MODE모드로 동작한다.

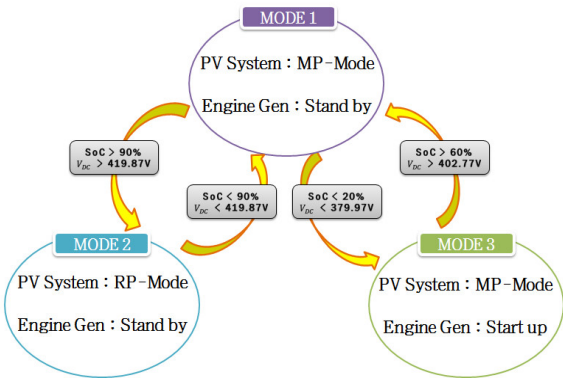


그림 3 SoC 변동에 따른 시스템 동작모드

Fig. 3 System Operation MODE with respect to SoC variation

### 2.4 시뮬레이션 결과

그림 4는 위의 시나리오를 기반으로 한 시뮬레이션 결과과형을 나타낸 것이다. 위에서부터 부하, 태양광 발전, 엔진 발전, 배터리에너지저장장치의 전력을 나타내며 SoC, 배터리에너지저장장치의 출력 전류, DC Grid를 순서대로 나타내었다.

부하전력은 안정적으로 공급되고 있으며, DC Grid전압은 380V부터 420V사이에서 동작하고 SoC는 20%부터 90%까지의 범위 내에서 운영되는 것을 볼 수 있다. 또한 3가지 동작모드의 특성을 확인할 수 있으며, 각 모드가 매끄럽게 전환되는 것을 볼 수 있다.

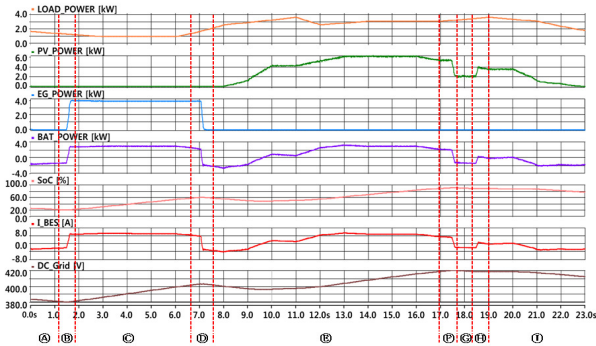


그림 4 제안하는 방식을 적용한 시뮬레이션 결과  
Fig. 4 Simulation results by Proposed method

### 2.5 실험을 통한 결과 분석

그림 5에 실험 결과과형을 나타내었다. 위에서부터 부하, 태양광 발전, 엔진 발전, 배터리에너지저장장치의 전력을 나타내며 SoC, 배터리에너지저장장치의 출력 전류, DC Grid전압을 순서대로 나타내었다.

SoC와 DC Grid전압의 과형 패턴이 같은 것으로 보아 SoC에 따른 DC Grid전압의 제어가 수행되고 있는 것을 볼 수 있다. 또한 SoC에 따른 DC Grid전압이 동작 범위 내에 유지되면서 상한치와 하한치에 도달했을 때, 분산전원의 모드 전환을 통해 배터리에너지저장장치의 보호도 효과적으로 되고 있는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 실제 독립형 DC 마이크로그리드의 적용이 가능할 수 있음을 확인하였다.

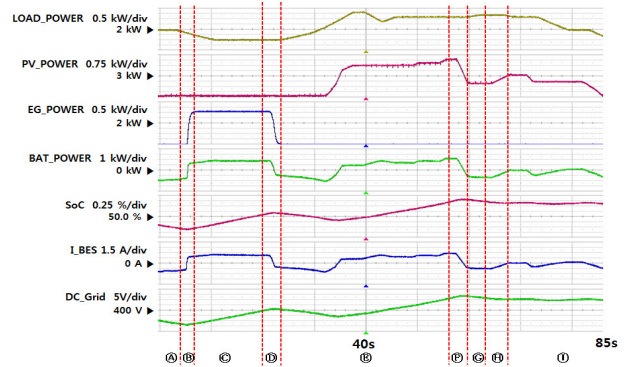


그림 5 제안하는 방식을 적용한 실험 결과  
Fig. 5 Experiment results with Proposed method

## 3. 결론

본 논문에서는 독립형 DC 마이크로그리드의 안정적인 동작을 위해 DC Grid의 출력전압을 조절하는데 배터리에너지저장장치의 SoC를 기반으로 출력전압을 조절하는 방식을 제안하였다.

제안하는 방식의 우수성을 분석하기 위해 PSCAD/EMTDC를 이용하여 시뮬레이션을 실시하고 그 결과를 분석하였다. 또한 하드웨어 실험을 실시하여 제안하는 방식의 성능을 분석하여 제안하는 제어방식은 독립형 DC 마이크로그리드에 많은 적용이 가능할 것으로 보인다.

## 참고 문헌

- [1] Nanfang Yang, Damien Paire, Fei Gao, Abdellatif Miraoui, Weiguo Liu, "Compensation of droop control using common load condition in DC microgrids to improve voltage regulation and load sharing," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 64, Jan. 2015, Pages 752 - 760.
- [2] Ito, Y. Zhongqing, Y. Akagi, H., "DC microgrid based distribution power generation system," in Power Electronics and Motion Control Conference, 2004. IPEMC 2004. The 4th International , vol.3, no, pp.1740-1745 Vol.3, 14-16 Aug. 2004.