

수퍼 커패시터와 배터리를 이용한 마이크로그리드 시스템의 제어

최용오*, 이연석*, 정세교*, 송유진**

*경상대학교, **한국에너지기술연구원

Control of Microgrid System with Super-capacitor and Battery

Yongoh Choi, Eonsuck Lee, Sekyo Chung, Yujin Song

Gyeongsang National University, Korea Institute of Energy Research

ABSTRACT

This paper presents a voltage and frequency regulation of a Micro grid using a Battery energy storage system (BESS) and super capacitor (SPC). The control methods for the both BESS and SPC are proposed to improve the regulation performance and battery life span. The simulation results using the PSCAD/EMTDC are provided to show the effectiveness of the proposed control.

1. 서론

신재생 에너지와 같은 분산에너지원을 이용한 마이크로그리드 시스템은 에너지원의 간헐성, 부하의 변동 등에 의하여 계통전압의 안정성이 저하 될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 배터리, 수퍼 커패시터와 같은 에너지저장장치가 사용된다. 배터리는 저장용량이 큰 장점을 가지며 지속적인 전력 공급이 가능하다. 하지만 충방전 횟수가 제한적이며 응답속도가 비교적 느리기 때문에 급격한 부하 변동에 빠른 속도의 보상이 어렵다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해 수퍼 커패시터를 사용한 하이브리드 에너지저장시스템의 사용이 연구되고 있다^[1].

본 논문에서는 배터리와 수퍼 커패시터를 이용한 계통전압 제어기법을 제안하며 PSCAD/EMTDC를 통하여 제안된 제어기법을 검증한다.

2. 계통전압제어기법

그림 1은 배터리와 수퍼커패시터를 이용한 계통전압 제어시스템의 구성을 나타내고 있다. 배터리는 큰 에너지의 저장이 가능한 반면 응답특성이 느리고 충방전 횟수에 제한있다. 따라서 Droop 제어기법을 적용하였다. SPC는 저장용량이 작지만 짧은시간에 큰 에너지의 공급이 가능하고 빠른 응답특성을 가지므로 과도상태에 계통전압의 불안정을 보상하여 배터리의 문제점을 보완 할 수 있다. SPC에는 계통전압의 변화에 빠르게 대응할 수 있는 계통전압 제어기법을 사용하였으며 다음 절에서 설명한다.

2.1 BESS 제어 방법

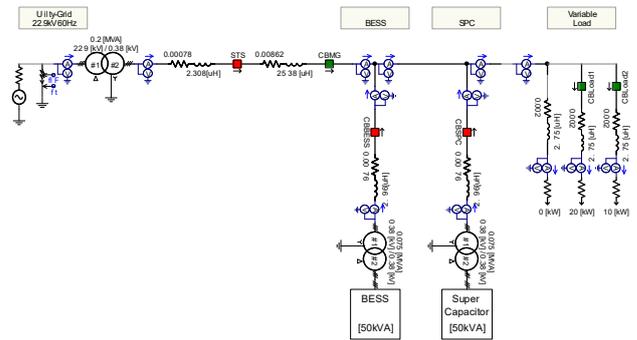


그림 1 전체 시스템 구성 블록도

fig 1 Block diagram of the overall system configuration

Droop 제어기법은 유효 전력과 무효 전력의 변동을 통해 인버터의 출력전압과 주파수를 제어하는 기법이다^[2]. Droop 제어에서 제어입력의 특성은 그림 2와 같이 나타낼 수 있으며, 주파수와 출력전압에 대한 제어입력은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$f - f_0 = -k_p(P - P_0) \quad (1)$$

$$U_1 - U_0 = -k_q(Q - Q_0) \quad (2)$$

여기서 f_0 와 U_0 는 기준 주파수와 출력전압 P_0 와 Q_0 는 유효 및 무효전력 기준 값, P 와 Q 는 유효 및 무효전력, k_p 와 k_q 는 droop 계수이다.

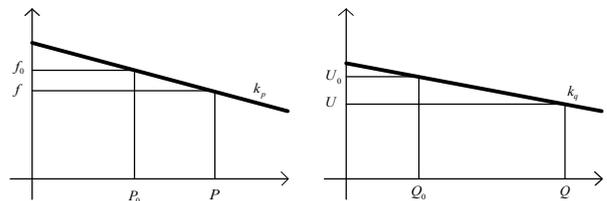


그림 2 전압과 주파수에 대한 Droop Control 특성

fig 2 Voltage and frequency Droop Control characteristics

그림 3은 본 논문에서 적용한 Droop 제어의 블록다이어그램이다. U_{Load} 는 계통의 전압이며, 계통전압 차단 시 과도상태의 영향을 줄이기 위하여, PLL을 적용하였으며 PLL에서 추정된 계통전압 주파수와 Droop 제어의 주파수 출력으로 인버터 출력전압의 위상을 제어한다.

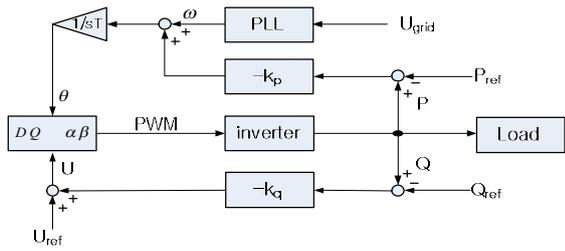


그림 3 BESS 제어 블록도
fig 3 BESS control block diagram

2.2 SPC 제어 방법

SPC는 계통전압 변화에 빠른 대응을 위해 그림 4와 같은 계통전압제어 기법을 사용하였다. 전압제어 루프에서 계통전압 보상을 위한 전류명령을 생성하며, 이에 따라 보상전류가 계통에 공급되어 계통전압을 안정화 시킨다. SPC는 에너지 저장 용량이 제한적이므로 과도상태의 전압변동에 대응하고, 일정 시간 후 BESS로 전환된다. 그림 4에서 U_{ref} 는 전압제어 명령이며 U_{grid} 는 그리드 전압이다. 그리고 I_{SPC} 는 슈퍼커패시터 출력전류이다.

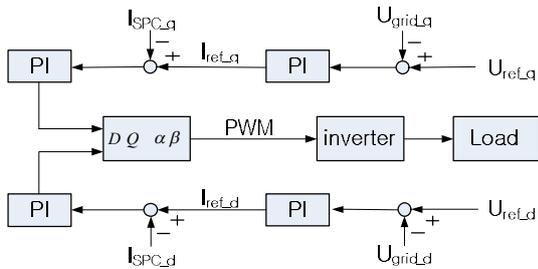


그림 4 SPC 제어 블록도
fig 4 SPC control block diagram

3. 시뮬레이션

본 논문에서 제안된 계통전압 제어 알고리즘의 검증을 위해 PSCAD/EMTDC 프로그램을 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 프로그램의 구성은 그림 1과 같다. BESS와 SPC는 50kW급이고 380V를 출력하며 SPC의 커패시턴스는 10F이다. 시뮬레이션 시나리오는 1.5초에서 그리드가 분리되어 BESS와 SPC가 동작된다. 그리고 3초에서는 부하의 변동이 일어나며 5초에서 원상태로 복귀된다.

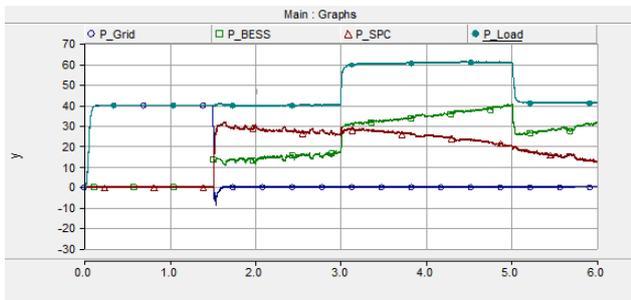


그림 5 유효전력에 대한 시뮬레이션 결과
fig 5 Simulation result about active power

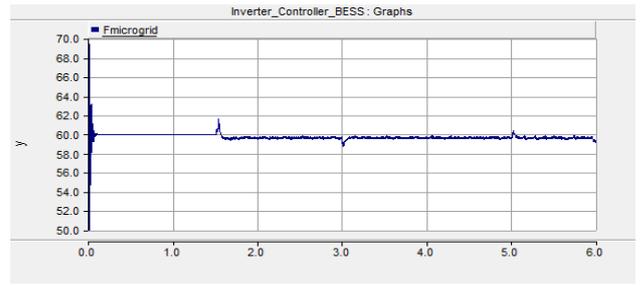


그림 6 주파수에 대한 시뮬레이션 결과
fig 6 Simulation result about frequency

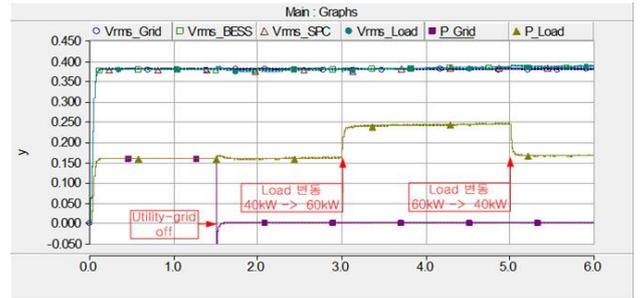


그림 7 전압에 대한 시뮬레이션 결과
fig 6 Simulation result about voltage

그림 5에서 계통 각 부분의 유효전력을 나타내고 있다. 계통 전압 차단 시 SPC와 BESS가 동작하며 초기에는 SPC가 큰 전력을 분담하며 SPC의 방전에 따라 점차 BESS로 부하가 전환된다. 그림 6과 7은 계통의 전압과 주파수 변동을 나타내고 있으며 제안된 제어기법에 의해 안정화 됨을 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 BESS와 SPC가 연계된 에너지저장시스템을 이용하여 Micro grid의 계통 전압을 안정화하는 제어기법을 제시하였다. 에너지저장시스템에서 배터리를 단일로 사용하여 제어하는 것이 많은 문제점이 있으며 슈퍼 커패시터와 하이브리드로 사용하는 것이 계통전압의 안정도를 높일 수 있다. 시뮬레이션에서는 그리드 분리 시 또는 부하의 변화에서 제안된 방법을 이용하여 계통의 전압과 주파수가 안정하게 제어되는 결과를 보였다.

이 논문은 한국에너지연구원의 지원으로 이루어진 결과입니다.

참고 문헌

[1] W. K. Chae, H. K. Lee, J. S. Rark, W. W. Jung "Cooperative operation method of two battery systems at Microgrid system", Proceedings of the IEEE, pp. 25 28, June. 2012.
[2] K. D. Brabandere, B. Bolsens, J. V. D. Keybus, A. Woyte, J. Driesen, and R. Belmans, "A voltage and frequency droop control method for parallel inverters," IEEE Trans. Power Electron., vol. 22, no. 4, pp. 1107 1115, Jul. 2007.