

DC 마이크로그리드의 동작분석을 위한 하드웨어 시뮬레이터 개발

이지현, 한병문
명지대학교

Development of Hardware Simulator for Operation Analysis of DC Microgrid

Ji Heon Lee, Byung Moon Han
Myongji University

ABSTRACT

This paper describes the development of hardware simulator for the operation analysis of DC microgrid, which has a wind power, solar power and fuel cell as a distributed generation, and a supercapacitor and battery as an energy storage. A detailed simulation model for the DC microgrid was developed for operation analysis. Based on simulation results a hardware simulator was built in the lab for the purpose of operation analysis. The developed hardware simulator can be utilized to evaluate with practical manner the performance of actual microgrid in the field.

1. 서론

DC 마이크로그리드는 교류시스템에서 고려해야 할 동기화, 안정도, 무효전력소모에 대해서는 자유롭고, 각 전원에서 생산되는 전력을 직류 직류 교류, 또는 교류 직류 교류의 2단계 전력변환이 필요 없어 시스템의 손실과 비용이 낮은 장점을 갖는다. 또한 최근 사용이 급증하고 있는 정보통신기기는 내부적으로는 직류전원을 필요로 하여 DC 마이크로그리드에 대한 관심이 집중되고 있다. 본 논문에서는 분산전원으로 풍력, 태양광, 연료전지, 에너지저장으로 배터리, 직류부하, 그리고 교류연계 전력망으로 구성된 DC 마이크로그리드에서 통신망을 통해 실시간으로 전체시스템의 동작을 모의할 수 있는 하드웨어 시뮬레이터의 개발에 관해 기술하고 있다.

2. DC 마이크로그리드 설계

본 연구에서 구성한 DC 마이크로그리드는 그림 1에 보인 것처럼 분산전원으로는 출력조절이 불가능한 풍력과 태양광, 출력조절이 가능한 연료전지를 사용하였고, 에너지저장으로는 슈퍼커패시터와 배터리가 사용되었다[1]. 각각의 전력변환기들은 하위제어기에 의하여 제어되며 제어를 위해 필요한 변수들을 상위제어기와 송수신한다. 통신구조는 CAN IEC 61850으로 구성하였으며 CAN데이터는 GATEWAY에서 IEC 61850으로 변환된다. 상위제어기에는 에너지 관리 시스템이 탑재되어 있으며 모니터링 및 제어를 관장하고 각 구성요소에 제어지령치와 컨버터 구동명령을 하달한다.

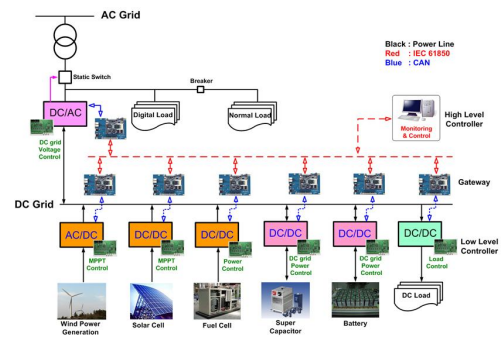


그림 1 DC 마이크로그리드의 구성
Fig. 1 Configuration of DC Micro-grid

2.1 에너지 운용기법

본 연구에서는 에너지운용기법에 대해 계통연계 시와 단독운전 시로 나누어 접근하였다. 그림 2는 계통연계 시에 에너지운용기법에 대한 개념도를 나타낸 것이다.

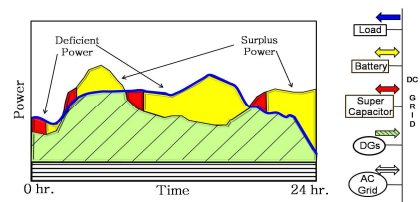


그림 2 마이크로그리드의 계통연계 운전
Fig. 2 Operation of grid-tied mode

굵은 선으로 표시한 부하곡선은 일반적인 하루 동안의 요구량을 표현한 것이다. 분산전원으로부터의 출력이 부하에 공급되고도 남으면 에너지저장에 잉여전력을 충전하며, 분산전원에서의 출력이 부족하면 에너지저장에서 전력을 방전하여 부하에 전력을 공급한다. 급격하고 적은 전력의 변화는 슈퍼커패시터가 감당하며, 긴 시간 동안의 방대한 전력의 변화는 배터리에서 관리하도록 한다. 슈퍼커패시터의 컨버터는 충전동작에서 방전동작, 방전동작에서 충전동작으로 천이되는 구간에서 전력의 충·방전을 실시한다. 슈퍼커패시터의 용량이 한계에 다르면 컨버터의 동작을 멈추고 배터리의 컨버터가 동작을 하여 전력관리를 수행한다. 그림 3에 단독운전시의 에너지 운용기법에 대한 개념도를 나타내었다. 슈퍼커패시터의 컨버터에서 DC 그리드의 일정전압제어를 수행하며 급격한 에너지의 변화에 대해서 보조역할을 하고 배터리 컨버터에서 전력관리를 수행한다.

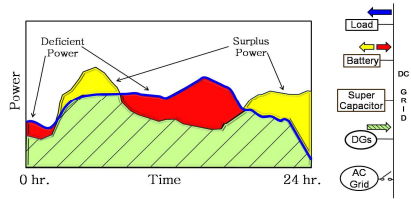


그림 3 마이크로그리드의 단독 운전
Fig. 3 Operation of islanded mode

2.2 에너지 저장의 제어

그림 4는 계통연계 시 에너지저장의 운용기법에 대해 나타낸 것이다. 에너지저장은 P_{DG} 와 P_{LOAD} 의 차에 의하여 충·방전 동작을 수행한다. P_{DG} 가 P_{LOAD} 보다 클 경우에 Charge Mode로 동작하고 이때 충전되는 전력은 두 측정값의 차이가 된다. 먼저 슈퍼커패시터의 컨버터가 동작하며 설정한 최대전압까지 증가하면 동작을 멈추고 배터리 컨버터가 동작하여 전력관리를 수행한다. 배터리가 완전히 충전되면 컨버터는 동작을 멈추고 이때 잉여전력은 계통으로 공급하도록 한다. P_{LOAD} 가 P_{DG} 보다 클 경우에는 Discharge Mode로 동작하고 이때 방전되는 전력은 두 측정값의 차이가 된다. 슈퍼커패시터 컨버터가 동작하여 전력을 방전하고 최소전압까지 감소하면 동작을 멈추고 배터리 컨버터가 동작한다. 배터리가 완전히 방전하게 되면 동작을 멈추고 부족한 전력을 계통으로부터 공급받도록 한다.

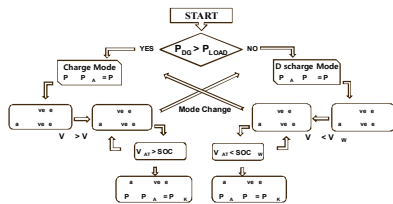


그림 4 계통연계 시 에너지저장 운용
Fig. 4 Flowchart in grid-tied mode

그림 5는 단독운전 시 에너지저장의 운용기법에 대하여 나타낸 것이다. 슈퍼커패시터 컨버터에서 DC 그리드의 일정전압제어를 수행하며 급격한 에너지의 변화에 대해서 보조의 역할을 하고 배터리컨버터에서는 전력관리를 수행한다. 배터리가 충전을 계속하면서 설정한 최대전압까지 증가하면, 출력을 조절할 수 있는 분산전원의 컨버터를 제어하여 전체 분산전원의 출력을 줄이도록 한다. 배터리가 방전을 계속하면서 설정한 최소전압까지 감소하면 중요하지 않은 부하를 절체하도록 한다.

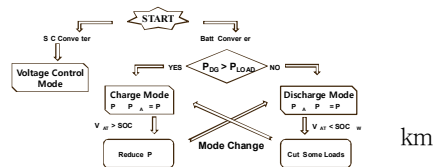


그림 5 단독운전 시 에너지저장 운용
Fig. 5 Flowchart in islanded mode

3. 실험결과

그림 6은 제작한 DC 마이크로그리드 하드웨어 시뮬레이터와 실험 구성도이며 그림 6에 실험결과를 나타내었다. 실험은 에너지 저장장치의 동작특성 분석을 위주로 수행하였으며 그림 7(a)에 계통연계 인버터의 전류, 전력, DC 그리드의 전압을 나타내었다. 그림 7(b),(c)는 에

너지 저장의 전압, 전류 및 전력, 그림 7(c)는 상위제어기로부터 에너지 저장장치로 하달되는 동작 명령을 나타낸다. DC 그리드의 전압은 400V레벨로 일정하게 유지되고 있으며, 에너지 저장장치는 하달되는 제어레퍼런스를 안정적으로 추종하고 있음을 확인하였다. 상위제어기로부터의 동작명령에 따라 에너지 저장장치가 동작하고 있으며 이로 인해 DC 마이크로그리드의 전력관리가 원활히 수행됨을 확인하였다.

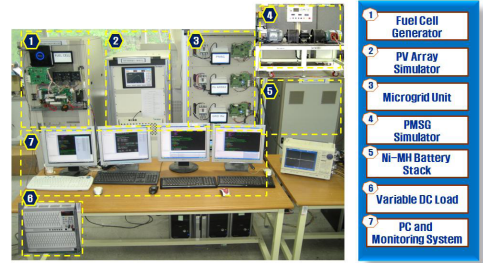


그림 6 실험 구축 환경
Fig. 6 Experimental Set-up

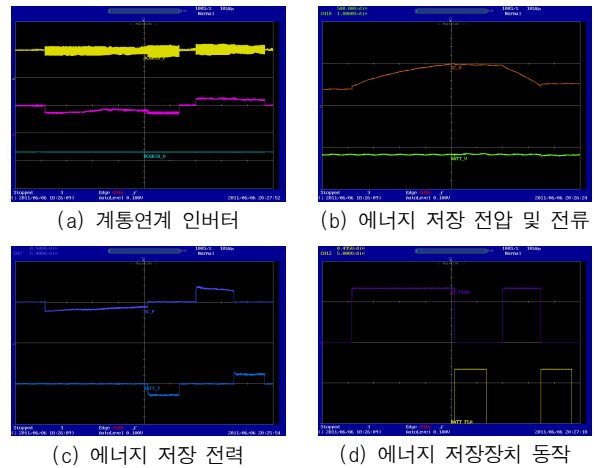


그림 7 실험결과 파형
Fig. 7 Experimental Results

4. 결론

본 논문에서는 DC 마이크로그리드의 동작과 성능을 실험적으로 분석 및 평가가 가능한 하드웨어 시뮬레이터에 대해 설명하였다. 본 연구결과는 최근 관심이 증가하고 있는 DC 급전시스템과 스마트그리드에 대한 기초연구로 향후 실제규모시스템을 개발하는데 널리 활용될 것으로 보인다.

이 논문 또는 저서는 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (R1A5A003 2010 0026283)

참고 문헌

[1] Ji Heon Lee, Hyun Jun Kim, Byung Moon Han, Yu Seok Jeong, Hyo Sick Yang and Han Ju Cha, "DC Micro grid Operational Analysis with a Detailed Simulation Model for Distributed Generations," Journal of Power Electronics, vol. 11, no. 3, pp.350-359, 2011.