

# DC마이크로그리드의 전력품질향상을 위한 에너지 저장장치의 Power Balancing 제어기법

김현준, 이지현, 한병문  
명지대학교

## Power Balancing Method of Energy Storage for Power Quality Improvement of DC Microgrid

Hyun-Jun Kim, Ji-Heon Lee, Byung-Moon Han  
Myongji University

### ABSTRACT

본 연구에서는 DC마이크로그리드의 전력품질을 향상시키기 위한 에너지 저장장치의 Power Balancing 제어기법에 대하여 기술하고 있다. 제안하는 시스템의 동작 타당성을 체계적으로 분석하기 위해 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용한 마이크로그리드 모델을 개발하였으며 여러 사례 적용에 대한 모의실험을 통해 제어기법의 타당성을 검증하였다.

### 1. 서 론

DC 마이크로그리드에서 발생 가능한 전력품질 문제는 DC Link 전압의 크기와 관련된 Voltage Sag, Swell, 저전압, 과전압 등과 교류연계시의 단락 및 지락사고에 의한 영향 등이 있다. 본 연구에서는 이와 같은 전력품질 문제를 최소화하기 위한 에너지 저장장치의 Power Balancing 기법을 제안하고 그 성능과 동작을 분석한 내용에 대해 기술하고 있다. 제안하는 기법의 타당성을 분석하기 위해 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용한 마이크로그리드 모델을 개발하였으며 여러 사례 적용에 대한 모의실험을 통해 제안하는 제어기법의 타당성을 검증하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 DC 마이크로그리드의 구성

본 연구에서 구성한 DC 마이크로그리드는 그림 1에 보인 것처럼 분산전원으로는 출력조절이 불가능한 풍력과 태양광, 출력조절이 가능한 연료전지를 사용하였고, 에너지저장으로는 슈퍼커패시터와 배터리가 사용되었다[1].

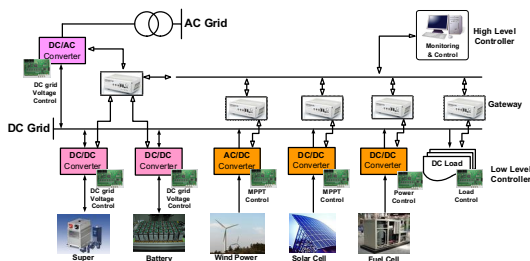


그림 1 DC 마이크로그리드의 구성  
Fig. 1 Configuration of DC Micro-grid

#### 2.2 전기품질 문제 최소화 기법

DC 마이크로그리드에서 발생 가능한 전기품질 문제는 DC Link 전압의 크기와 관련된 Voltage Sag, Swell, 저전압, 과전압 등이 있으며 이와 같은 전기품질 문제를 최소화하기 위해 다수 기기에 의해 에너지 관리 전략을 유지하는 DC Link 전압 제어 기법을 제안한다.

전압 제어 기능을 포함한 EMS는 3가지의 기능으로 구성되며 그림 2에 나타내었다. 첫 번째 기능인 'Energy Storage Control Mode Define'은 에너지 저장장치들의 내부 전압 정보를 이용하여 충/방전 Flag와 전압 제어 참여 Flag를 생성한다. 두 번째 기능인 'Energy Balancing Function'에서는 DC 마이크로그리드 내의 에너지 수급 균형 유지를 위한 각 기기들의 출력 지령 값을 계산한다. 마지막 기능인 'Voltage Control'에서는 DC Link 전압 유지를 위한 전압 제어기기들의 추가적인 출력을 계산하며, 각 제어기기의 최종 출력 지령 값은 앞의 3가지 기능에서 계산된 값을 이용하여 생성된다.

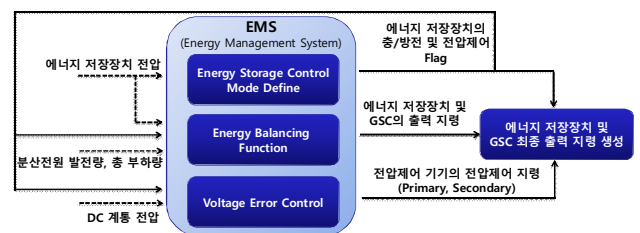


그림 2 제안된 EMS의 세부 기능도  
Fig. 2 Functions of Energy Management System

#### 2.2.1 Energy Storage Charging Mode Define

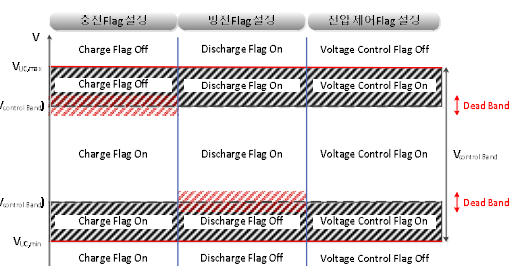


그림 3 에너지 저장장치의 Flag 설정  
Fig. 3. Flag Set-up of Energy Storage

Energy Storage Control Mode Define에서는 전압 제어를 위한 예비력 확보를 위해 내부 전압, 허용 최대 전압, 허용 최소 전압과 함께 추가적으로 전압 예비력을 고려하여 그림 3과 같이 충/방전 Flag를 생성한다.

### 2.2.2 Energy Balancing Function

그림 4는 Energy Balancing Function 알고리즘의 순서도를 보여주고 있다. 제안된 알고리즘에서는 Ultra Capacitor, Battery, GSC를 순차적으로 이용하여 수급 균형(Energy Balancing)을 유지한다.

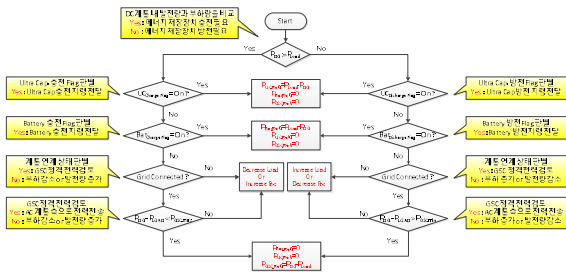


그림 4 Energy Balancing Function 알고리즘 순서도  
Fig. 4 Algorithm Flow for Energy Balancing Function

### 2.2.3 Voltage Control

Voltage Control에서는 Primary Voltage Controller와 Secondary Voltage Controller로 구분하여 DC Link 전압 제어를 위한 전압제어 기기들의 추가적인 출력 지령 값을 계산하며 제어 블록도를 그림 5에 나타내었다. 정상상태에서 Primary Voltage Controller는 Energy Balancing Function에 의해 계산된 지령 값 외에도 전압 유지를 위한 추가적인 출력을 공급한다. 반면 Secondary Voltage Controller는 전압 변동이 발생한 순간에만 전압제어를 위해 출력을 변동시키며 전압이 회복된 정상상태에서는 Energy Balancing Function에서 계산된 지령 값의 출력을 공급한다.

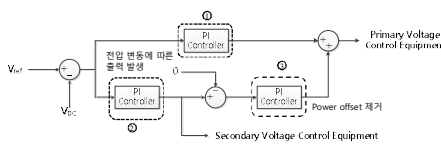


그림 5 Voltage Controller의 블록 다이어그램  
Fig 5. Block Diagram of Voltage Controller

### 2.2.4 제어기기의 최종 지령 값

제어기기들의 최종 지령 값은 앞서 설명된 EMS의 기능들에 의해 계산된 지령 값과 Flag에 따라 그림 6과 같이 계산된다.

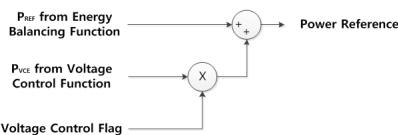


그림 6 EMS의 최종 출력 지령  
Fig. 6 Power Reference of EMS

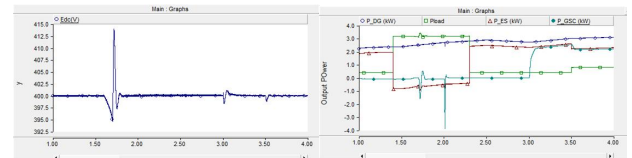
## 3. 시뮬레이션 분석

제안된 기법의 전기품질 문제 최소화 효과를 검증하기 위해

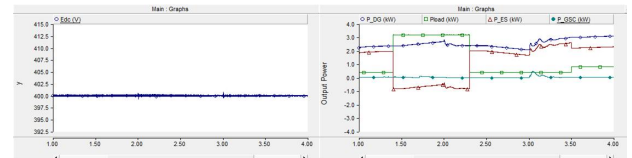
PSCAD/EMTDC를 이용하여 구현한 DC 마이크로그리드 모델에서 시뮬레이션을 수행하였다. 이를 위해 표 1과 같은 시나리오를 구성하여 계통 상태의 변화에 따른 기기들의 출력과 DC Link 전압의 변화를 확인하였다. 제안된 기법을 적용 전과 적용 후의 비교 시뮬레이션 결과를 그림 7에 나타내었으며 제안된 기법을 사용함으로써 AC 계통의 지락사고 발생을 포함한 모든 Event에 대해 DC Link 전압을  $400 \pm 1$  V 수준으로 유지할 수 있었다.

표 1. 시뮬레이션 시나리오  
Table 1. Simulation Scenario

시간	시나리오
1.4 초	부하 증가 (0.4 kW $\Rightarrow$ 3.2 kW)
1.6 초	교류 계통 측 3상 지락사고 발생
1.7 초	사고 제거
2.0 초	Islanding Mode로 전환
2.3 초	부하 감소 (3.2 kW $\Rightarrow$ 0.4 kW)
3.0 초	Grid Connected Mode로 전환
3.5 초	부하 증가 (0.4 kW $\Rightarrow$ 0.8 kW)



(a) 적용 전 DC 그리드 전압 및 각 부 전력



(b) 적용 후 DC 그리드 전압 및 각 부 전력

그림 7 시뮬레이션 결과  
Fig. 7 Simulation Result

## 4. 결 론

본 연구에서는 DC 마이크로그리드의 전력품질을 향상시키기 위한 에너지 저장장치의 Power Balancing 제어기법에 대하여 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 기존에 발생하였던 전기품질 문제가 감소되었음과 DC 그리드의 전압을 0.25%안으로 유지할 수 있음을 확인하였다.

본 논문은 지식경제부 (과제번호:20111020400080)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서 관계부처에 감사드립니다.

## 참고문헌

[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.