

# 하이브리드 에너지 저장장치의 배터리 SOC를 고려한 DC Link 전압 제어

정교범

홍익대학교 전자전기공학과

## DC Link Voltage Control based on Battery SOC of Hybrid Energy Storage System

Gyo Bum Chung

Dept. of Electronic & Electrical Eng., Hongik University

### ABSTRACT

본 연구는 Back-to-back 구조의 삼상인버터와 양방향 DC/DC 컨버터로 구성된 전력변환기를 이용하여 신재생에너지 발생원을 효과적으로 계통에 연계하여 스마트 그리드의 강인성을 제고하기 위한 슈퍼캐패시터와 배터리로 구성된 하이브리드 에너지 저장장치의 SOC를 고려한 DC Link 전압 제어를 수행하여 스마트그리드의 최적운영 개념을 제안하고, 다당성 검증을 위해 소프트웨어 시뮬레이션 모델을 개발하여 특성을 연구하였다

### 1. 서론

단속적인 전력생산의 특성을 지니고 있는 신재생 에너지를 전력계통에 연계하여 안정적으로 이용하기 위해서는 에너지 저장장치가 필요하다. 배터리 및 슈퍼캐패시터의 에너지 밀도 및 전력밀도의 차이점을 이용한 하이브리드 에너지 저장장치의 활용에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.[1]

Back to back 구조의 전력변환장치에 의해서 전력계통에 연계된 신재생에너지를 이용하여 전력 효율화 및 전력 안정화를 이루기 위해서는 생산된 잉여전력을 에너지 저장장치에 저장하고, 필요한 시점에 공급하는 효과적인 관리체계가 필요하다.[2]

본 논문은 신재생 에너지원으로부터 생산된 에너지를 연계 계통의 전력 효율화를 위해서 Hybrid Energy Storage System (HESS)의 SOC(State of Charge) 및 DC Link 전압을 일정하게 유지하기 위한 히스테리시스 제어 방식을 연구하고, 시뮬레이션 연구를 수행한다.

### 2. 시스템 구성

전력량이 불규칙한 신재생 에너지원을 이용하여 전력 시스템을 효율적으로 운영하기 위해서 잉여전력의 저장장치가 필수적이다. 그림 1은 신재생에너지를 이용하기 위해 하이브리드 에너지 저장장치를 채택한 신재생 에너지 전력변환 시스템의 간단한 회로도이다. 신재생에너지를 직류전원으로 변환하기 위한 SPWM 정류기, 계통연계를 위한 삼상인버터 및 2대의 양방향 DC DC 컨버터, 전력 밀도가 높은 슈퍼캐패시터와 에너지 밀도가 높은 배터리로 구성되어 있다.

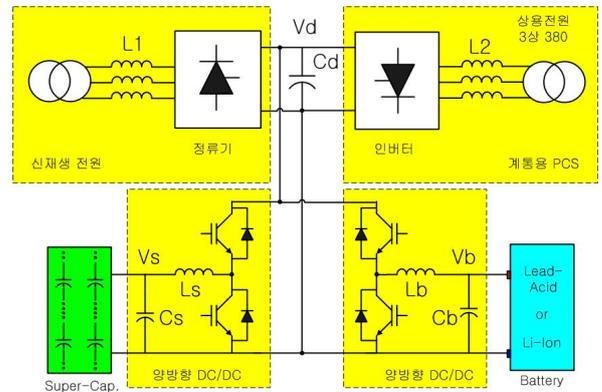


그림 1. HESS 신재생 에너지 전력변환 시스템

### 2.1 신재생 전원 모델링

신재생에너지원의 단속적이고 불규칙한 특성은 삼상교류전압원 또는 직류전압원과 출력전력의 조절이 가능한 정류기 회로로 모델링한다. 본 논문에서는 삼상교류전원 및 강제전류(轉流)가 가능한 스위칭소자로 구성된 정류기 회로로 구성하였다.

### 2.2 Back-to-Back 삼상인버터

신재생에너지원을 전력계통에 연계시키기 위해서 SPWM Back to Back 인버터를 채택하였다. 전압·전류의 DQ변환을 통해 동기좌표축상에서 유효·무효 전력제어를 수행하며, 계통 연계측은 4상한 운전이 가능하다. 본 논문에서 신재생 에너지 입력단의 정류기는 유효전력의 계단식 변화를 조절하여 신재생 에너지원의 불규칙특성을 모의하였다.

### 2.3 양방향 DC-DC 컨버터

양방향 DC DC 컨버터는 신재생 입력단에서 유입되는 에너지 증감분을 HESS 에너지 저장장치에 충·방전하여 DC Link 전압 및 전력계통 연계측의 출력에너지를 일정하게 유지한다. 충전모드에서는 Buck 컨버터로 동작하고, 방전모드에서는 Boost 컨버터로 동작한다. 안정한 DC Link 전압제어를 위해서 피크전류제어에 의한 전류모드제어를 채택하였다.

### 2.4 SOC 추정

신재생 에너지원의 불규칙한 공급전력에 대한 HESS의 순

시보상 능력은 슈퍼캐패시터와 배터리의 SOC에 영향을 받는다. 본 논문에서는 슈퍼캐패시터와 배터리로 구성된 HESS의 SOC를 확장칼만필터를 사용하여 추정하고, DC Link 전압 제어 및 전력 운영에 슈퍼캐패시터와 배터리의 에너지 밀도 및 전력밀도의 차이점을 이용한다.[3,4]

### 3. 시뮬레이션

#### 3.1. 시스템 사양

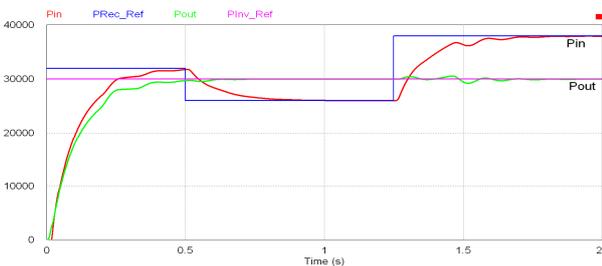
그림 1 신재생 에너지 하이브리드 에너지 저장 시스템의 시뮬레이션 연구를 위한 회로정수 및 정격사양은 표 1과 같다.

표 1. HESS 신재생 에너지 전력변환 시스템 상수

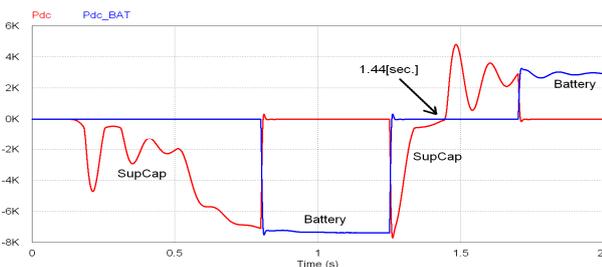
|         |            |         |          |
|---------|------------|---------|----------|
| P1      | 32kW(±20%) | P2      | 30kW     |
| Vd      | 0.0977     | Cd      | 11mF     |
| L1      | 1mH(1mΩ)   | L2      | 1mH(1mΩ) |
| Ls      | 1mH        | Lb      | 1mH      |
| fsw(AC) | 10kHz      | fsw(dc) | 17.5kHz  |

#### 3.2. 시뮬레이션 결과

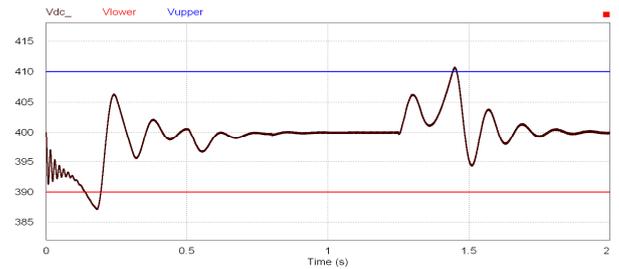
운전 조건은 신재생 입력전력이 0kW@t=0 [sec.], 32kW@t=0.5[sec.], 26kW@t=0.5[sec.], 38kW@t=1.25[sec.]으로 불규칙하게 변하고, 계통연계 출력단의 요구전력을 30kW로 일정하게 유지하는 것이다. 과도현상이 발생했을 때, 슈퍼캐패시터 저장장치는 DC Link 전압 안정화 및 잉여전력 관리를 위해서 초기 대응을 수행한다. 슈퍼캐패시터 저장용량을 초과하면, 배터리 저장장치가 DC Link 전압 안정화 및 잉여전력 관리를 수행한다. 시뮬레이션 결과는 그림 2와 같다. HESS는 초기에는 방전 모드로 운전하고 있으며, 1.44[sec.]부터 충전모드로 운전한다. DC Link 전압 제어기는 HESS SOC 특성에 의해 결정된 390~410[V]의 히스테리시스 특성 내에서 400[V]로 일정하게 유지된다. 결과 파형은 계통연계형 신재생에너지 시스템을 구성하고 있는 정류기, 인버터 및 양방향 DC DC 컨버터의 제어기가 운전조건을 만족시킴을 보인다.



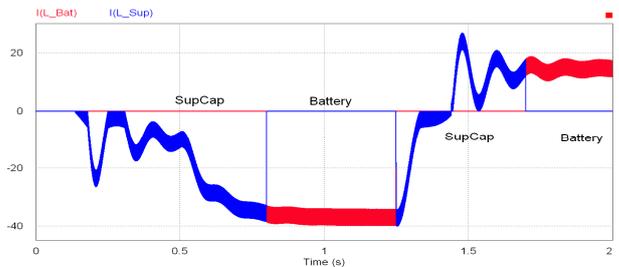
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 2. 시뮬레이션 파형 (a) 교류전력, (b) 슈퍼캐패시터 및 배터리 전력, (c) DC Link 전압, (d) 양방향 DC-DC 컨버터 인덕터 전류.

### 4. 결론

본 논문은 신재생 에너지원을 전력계통에 연계한 스마트 그리드 시스템의 강인성을 제고하기 위한 하이브리드 에너지 저장시스템의 전력제어 방식에 대한 연구를 수행하였다. 안정된 전력제어를 위해서, 에너지 저장장치의 SOC를 제한 범위 내에 유지하고 DC Link 전압을 일정하게 유지하기 위한 히스테리시스 제어방식을 채택하여, 시뮬레이션으로 가능성을 검증하였다.

본 논문은 2012년도 교육과학기술부의 재원으로 과학벨트기능 지구 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (2012K001556)

### 참고 문헌

- [1] S.W. Min, S.J. Kim, D. Hur, "Optimized Installation and Operations of Battery Energy Storage System and Electric Double Layer Capacitor Modules for Renewable Energy Based Intermittent Generation," Journal of Electrical Engineering & Technology, Vol. 8, No. 2, pp. 238-243, 2013
- [2] Zhenhua Jiang, Xunwei Yu, "Modeling and control of an integrated wind power generation and energy storage system," Proceedings of IEEE PES, Calgary, Canada, 2009, doi:10.1109/PES.2009.5275753.
- [3] Yu Ding xuan, Gao Yan xia, "SOC estimation of Lithium ion battery based on Kalman filter algorithm", Proceedings of the 2nd ICCSEE, Hangzhou, China, 2013, pp. 2316-2319. doi:10.2991/iccsee.2013.580
- [4] 장기욱, 정교범, "칼만 필터를 이용한 리튬 폴리머 배터리의 SOC 추정," 전력전자학회 논문지 제17권 제3호, pp. 222-229, 2012.6.