

1MW 계통연계형 에너지저장시스템 연구

*강병관, 이충우, 류강열, 오승훈, 이윤재, 최은식, 고광수, 김희중
LS산전

The Study on 1MW Grid-Connected Energy Storage System

*ByungKwan Kang, Chung Woo Lee, Kang Yeul Ryu, Seung Hun Oh
Yun Jae Lee, Eun Sik Choi, Kwang Soo Koh, Hee Jung Kim
LSIS

ABSTRACT

The increased demand for conventional energy sources, and international oil price rises are driving societies toward research and development of renewable energy. A large number of their installations and penetrations will bring an instability distribution power system. Also, load concentration problem at specific time can cause the shortage of power reserve margin. To deal with these problems, the development of energy storage systems (ESS) is required. This paper proposes the 1MW grid connected ESS with Li ion battery and power conditioning system (PCS). The performances of the 1MW grid connected ESS are evaluated and verified with the PSCAD/EMTDC based simulation test.

1. 서론

국제유가의 상승과 환경문제에 의해 신재생에너지의 연구가 활발히 이루어졌고, 설치 또한 급격히 증가하게 되었다. 이러한 신재생에너지는 외부환경에 영향을 받기 때문에 신재생에너지가 계통에서 차지하는 비율이 증가될수록 계통의 품질 및 안정성에 대한 고려가 필요하다. 또한 전력수요의 급증과 함께 전력수요의 특정시간 집중현상으로 인해 전력예비율에 대한 문제가 심화되었다. 이와 같은 문제들을 해결하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있으며, 현재 계통연계형 에너지 저장장치(Energy Storage System, ESS)를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다^[1]. ESS는 신재생에너지와 연계함으로써 신재생에너지의 출력 변동을 줄일 수 있으며, 전력예비율 및 피크부하를 고려한 부하 평준화에 이용할 수 있다.

2. 본론

2.1 Li-ion 배터리

계통연계형 1MW 대용량 에너지저장 시스템을 구성하기 위해서는 에너지 저장장치가 필요하다. Lithium ion(Li ion) 배터리의 경우 높은 에너지 밀도를 가지고 있어서 현재 다양한 분야에서 사용되고 있다. 그림 1은 본 배터리의 등가 모델을 나타낸다.

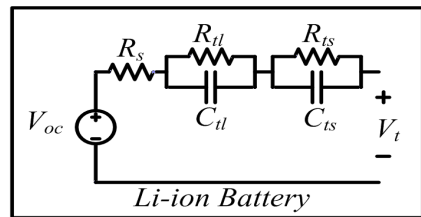


그림 1 PCS 시스템 블록도
Fig. 1 PCS System Block Diagram

본 배터리를 통해본 논문에서는 배터리의 특성을 충전상태(State of Charge, SOC)와 개로전압(Open circuit voltage, VOC)의 관계를 통해 식 (1)과 같이 나타내었다^[1].

$$V_{OC} = \sum_{n=1}^{21} a_n \times SOC^{21-n} \quad (1)$$

여기서 a_n 은 계수, n 은 차수, SOC는 충전상태를 의미한다.

배터리의 충전상태는 배터리로 유입되는 전류를 통해 ampere hour counting method를 통해 구하였다. 식 (2)는 ampere hour counting method를 적용하여 SOC를 계산하는 수식을 나타낸다^[1].

$$SOC = SOC_0 + \frac{1}{3600 C_N} \int_{t_0}^t i_{battery}(\tau) d\tau \quad (2)$$

여기서 C_N 배터리의 용량, $i_{battery}$ 배터리로 유입되는 전류 SOC_0 는 초기 충전상태를 의미한다. $i_{battery}$ 가 양수이면, 배터리는 충전되어 배터리의 SOC는 증가하고, $i_{battery}$ 가 음수이면, 배터리는 방전되어 SOC는 감소한다. 본 논문에서는 Li ion 배터리의 안정성을 고려하여 SOC의 사용범위를 20 ~ 80%로 제한하였으며, 200개의 배터리 셀을 직렬로 연결하여 PCS의 전압범위를 충족시켰다.

2.2 1MW Energy Storage System

1MW ESS는 Li ion battery, 계통연계형 양방향 인버터, 부하, 계통, 차단기로 구성되어있다. 그림 2는 제안된 ESS를 나타낸다. 설계 사양은 표 1과 같다. 제어기는 2kHz의 스위칭 주

과수를 가지는 SVPWM 제어를 사용했으며, 유효전력과 무효전력, 독립운전이 가능한 제어모드를 가지고 있다^[2].

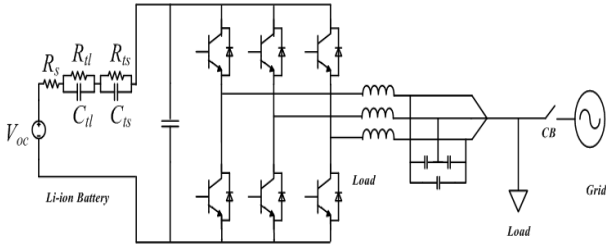


그림 2 PCS 시스템 블럭도

Fig. 2 PCS System Block Diagram

표 1 1MW ESS PCS 사양

Table 1 1MW ESS PCS Specification

구분	사양
입력전압	700~1000V
입력전류	1430A
출력전압	440V
출력전류	1312A
출력주파수	60Hz
제어방식	SVPWM
제어모드	유효전력, 무효전력, 독립운전

2.3 시뮬레이션 결과

1MW급 ESS용 PCS의 동작 특성을 확인하기 위해 PSCAD/EMTDC를 통해 시뮬레이션을 수행하였다. 각 제어모드의 전환이 제대로 되는지 파악하기 위해 시간별로 모드를 전환하였다. 시뮬레이션 결과는 그림 3과 4와 같다. 그림 3은 시간에 따른 유효전력과 무효전력의 변화를 나타내고 그림 4에서는 ESS의 출력변화에 대한 배터리의 SOC 변화와 그에 따른 VOC의 변화를 나타낸다.

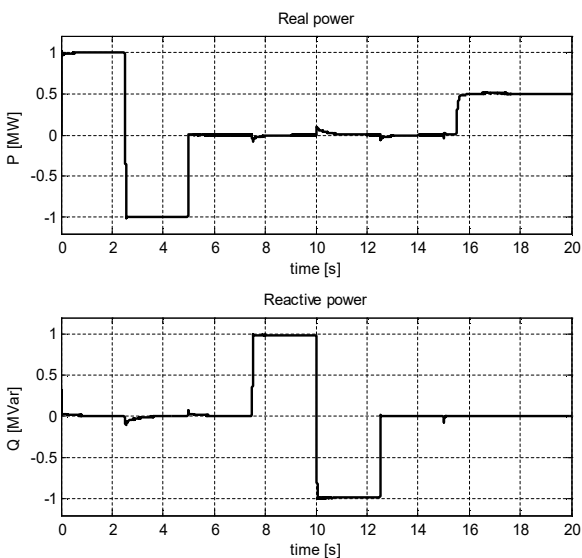


그림 3 ESS의 출력파형 (P, Q)

Fig. 3 The output power of ESS (P, Q)

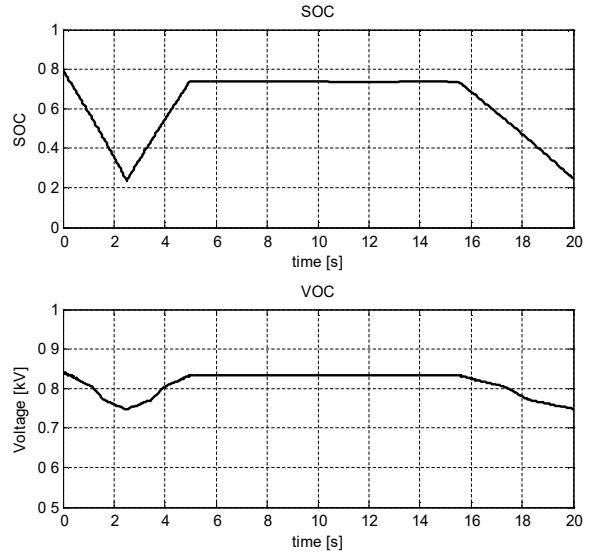


그림 4 Li-ion 배터리의 SOC, VOC

Fig. 4 The SOC, VOC of Li-ion battery

0~2.5초에는 1MW의 출력을 배터리에서 방전하였고, 이를 통해 P는 1 MW, Q는 0 MVar 값을 나타내고, 배터리의 SOC는 초기 충전상태인 0.8에서 0.24까지 점차 낮아지는 것을 확인할 수 있으며, 이에 따른 배터리의 VOC도 0.842 kV에서 0.746 kV까지 점차 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 2.5초에서 P는 1MW로 배터리는 충전상태가 되고 이에 따라 배터리의 SOC는 다시 올라가며 VOC도 올라감을 확인할 수 있다. 5초에서 P는 0MW으로 SOC와 VOC는 현재 상태를 유지하며, 7.5초에서 P는 0MW, Q는 1MVar의 출력을 내보낸다. 10초에서는 P는 0MW, Q는 1MVar로 출력을 변하게 되고, 12.5초에서 ESS는 대기 상태가 된다. 15초에서 ESS는 계통에서 분리되며, 16초에서 독립운전모드로 전환된다. 독립운전시에는 전압제어가 이루어지고 이때의 0.5MW 부하에 의해 ESS의 출력은 0.5MW가 된다.

3. 결론

본 논문에서는 계통연계형 1MW급 ESS를 구성하였다. ESS를 구성하기 위해 Li ion 배터리와 3상 계통연계형 PCS를 PSCAD/EMTDC로 모델링하여, 계통을 이용한 Li ion 배터리의 충·방전을 확인하였다. 또한 유효전력, 무효전력, 그리고 독립운전 제어를 통해 계통의 상황에 맞는 출력제어가 가능함을 확인하였다. 추후 논문의 시뮬레이션 모델을 통해 1MW급 ESS용 PCS 플랫폼의 4MW 주파수 조정용 ESS를 하드웨어로 제작할 예정이다.

이 논문은 지식경제부의 전력계통 주파수조정용 ESS 개발과제의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] B. K. Kang, "Development of Grid Connected PV Hybrid Power Conditioning System with Energy Storage Device", Ph.D. dissertation, Dept. Electric and Electron. Eng., Yonsei Univ., Seoul, Korea, 2013.
- [2] 고광수, 이충우, 강병관, 오승훈, 이윤재, 최은식, 류강열, 김희중, "주파수 조정을 위한 4MW 전력 저장 시스템 연구", 전력전자학회 추계학술대회, pp., 2013, Oct.