

주파수 조정을 위한 4MW 전력 저장 시스템 연구

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

The Study on 4MW Energy Storage System for Frequency Regulation

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

ABSTRACT

ESS(Energy Storage System) for Improve the quality of the power grid, supply reliability, system stability and the efficient operation method of power is drawing attention. According to changes in the load of the power system frequency will be adjustable in real time in response to changes in the frequency of the grid, so thermal power output is mainly controlled in order to keep the grid frequency stable. ESS for adjusting the frequency of the grid when the frequency rises to grid and charge the energy storage device. If the frequency drops to discharge the battery power to the grid and the future is expected to replace the thermal power plant. This paper describes 4MW ESS for the frequency regulation and find out about the characteristics through the PSCAD/EMTDC

1. 서론

전력 저장 장치(Energy Storage System)는 계통의 전력 품질 개선, 공급 신뢰도 향상 등 계통 안정도 향상과 전력의 효율적인 운영 방안으로 주목받고 있다. 부하 변동에 따라 전력 계통의 주파수는 실시간으로 가변하게 되며 계통의 주파수 변동에 대응해 주파수를 안정하게 유지하기 위해 주로 화력 발전을 이용하여 출력을 조절한다. 주파수 조정용 전력 저장 장치는 주파수 상승 시 전력 계통의 전력을 전력 저장 장치에 충전하고, 주파수 하락 시 배터리 전력을 방전해 주파수를 조정을 하며 향후 화력 발전을 대체할 것으로 기대된다. 본 논문에서는 계통 주파수 조정을 위한 4MW 전력 저장 장치를 PSCAD/EMTDC를 이용해 모델링하고 그 특성에 대해 알아본다.

2. 주파수 조정용 4MW 전력 저장 시스템

2.1 ESS 시스템 구성

그림 1은 일반적인 전력 저장 시스템의 구성을 나타낸다. 주파수 조정용 ESS는 Li ion 배터리, 양방향 인버터, LC 필터와 계통으로 구분되어 있다. 배터리 입력 전압을 높게 가져감으로써 시스템을 일단 구성을 하였고, 전체적인 시스템의 손실을 줄이고, 변환 효율을 향상시켰다. 양방향 인버터는 계통의 전력

을 충전하거나 Li ion 전지의 에너지를 방전하는 역할을 하며, LC 필터는 인버터에서 출력되는 고조파 전류가 계통에 주입되는 것을 제거함으로써 한전의 계통연계 기준을 충족하도록 고려하였다.

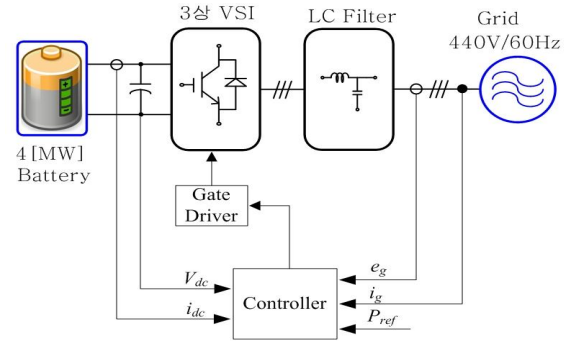


그림 1 ESS 시스템 구성도
Fig. 1 Block diagram of ESS system

2.2 PCS 제어 구성

전력 저장 장치는 계통의 상황에 따라 3가지 운전 모드로 동작하게 된다. 첫 번째 모드는 계통 전력을 일정하게 하여 계통을 안정화하고 전력품질을 높이기 위해 사용되는 정전력 제어 모드(CP, Constant Power)이며, 두 번째 모드는 전력 저장 시스템에 주입되는 전류를 일정하게 제어하기 위한 정전류 제어 모드(CC, Constant Current) 다.

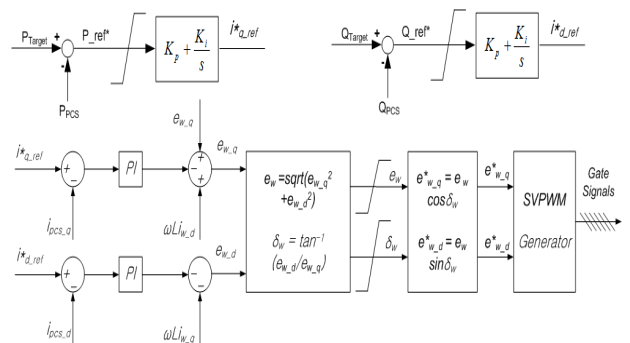


그림 2 주파수 제어를 위한 제어기 구성도
Fig. 2 Block Diagram for frequency controller

마지막 세 번째 모드는 전력 저장 시스템의 전압을 일정한 값에 유지하기 위한 정전압 제어 모드(CV, Constant Voltage) 로 구분되어 지며 PCS 제어 블록도 구성은 그림 2와 같다.

주파수 조정을 위한 제어는 계통 주파수를 feedback 받고 droop 제어를 사용해 주파수에 상응하는 전력을 계통에 공급하거나 흡수한다. 계통의 주파수가 저하되면 배터리의 유효전력을 계통에 공급하고 반대로 계통의 주파수가 상승하면 계통의 전력을 배터리에 저장함으로써 계통 주파수를 일정한 값으로 제어할 수 있다.

2.3 모의실험 결과

4MW급 PCS의 주파수 조정 제어 알고리즘을 검증하기 위하여 모의실험을 수행하였다. 표 1은 수행한 시뮬레이션 파라미터 값들이다.

표 1 시스템 파라미터
Table 1 Parameters of system

구분	항목	규격
Battery	최대 출력 전력	1000kW
	정격 출력 전력	652.8kWh
	동작 전압	714V~987.7V(Normal 880V)
	최대 출력 전류	1400A
	정격 출력 전류	741.8A
	기본 구성	54.4kWh*17racks
	배터리 타입	Li-ion(LG Chem)
PCS	정격 전력	1000kW
	정격 전압	3상 440V
	정격 전류	1312A
	출력 주파수	60Hz
	총고조파 왜율(THD)	종합 5%, 각차 3%이내
	제어방식	SVPWM
	스위칭 주파수	2kHz

그림 3은 PSCAD/EMTDC 툴을 사용한 모의실험 구성도이다.

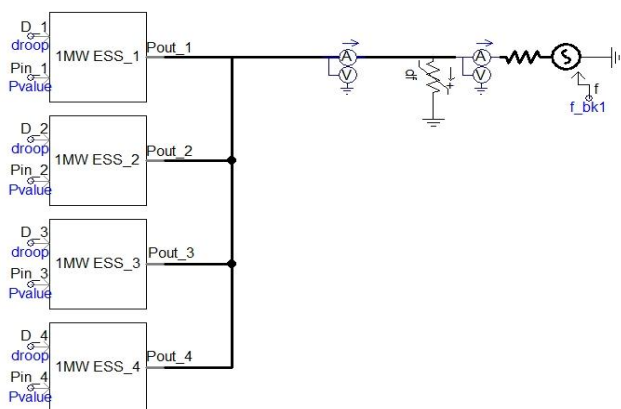


그림 3 PSCAD/EMTDC를 이용한 4MW ESS 모델링
Fig. 3 Block diagram of 4MW ESS using PSCAD /EMTDC

그림 4는 Li ion 배터리 스택을 모델링한 결과 파형이다. 배터리 특성과 효율을 고려하여 SOC(State Of Charge) 를 최대 90%에서 최소 10%로 선정하였다. 또, 파형의 1초는 시스템에

서 배터리에 충전된 정격전력을 1시간 방전할 수 있는 량을 의미한다.

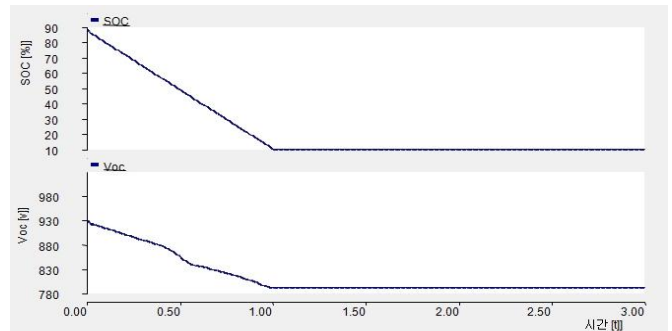


그림 4 Li-ion 배터리 스택 모델링
Fig. 4 Modeling of Li-ion battery stack

그림 5는 주파수 변화를 가정하고 그에 따른 계통에 흐르는 유효 전력이다. 전력이 충/방전함에 따라 주파수는 일정한 값을 유지하게 되는 것을 알 수 있다.



그림 5 주파수 변동에 따른 계통에 주입되는 유효전력
Fig. 5 The active power injected into the grid to Frequency variation

3. 결론

본 논문에서는 주파수 조정을 위해 1MW ESS를 PCC (Point of Common Coupling) 에서 4병렬로 접속시켰다. 계통 상황에 따라 배터리의 유효전력을 충전하거나 방전함으로써 계통 주파수를 안정화 할 수 있는 것을 확인하였다. 향후 모의 실험 결과를 토대로 주파수 조정용 PCS의 개발과 계통 주파수 변화에 대한 다양한 실험을 통해 시스템 응답성과 신뢰성을 검증해야 할 것이다.

이 논문은 지식경제부의 전력계통 주파수조정용 ESS 개발과제의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

[1] Kottick, D. ; Res. & Dev. Div., Israel Electr. Corp. Ltd., Haifa, Israel ; Blau, M. ; Edelstein, D. "Battery energy storage for frequency regulation in an island power system", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 8, Issue 3, Sep, 1993.