

# 에너지 저장 시스템을 위한 800kW 계통연계형 전력변환장치

최준영, 이진희, 이재홍, 김영욱, 손의권, 이정민  
(주) 효성 중공업연구소

## 800kW Grid-tied Power Conditioning System for the Battery Energy Storage System

Jun young Choi, Jin hee Lee, Jae hong Lee, Young wook Kim, Ui kwon Son, Jeong min Lee  
Hyosung Corp.

### ABSTRACT

본 논문은 에너지 저장 시스템(ESS)을 위해 개발된 800kW 계통연계형 전력변환장치(PCS)의 구성을 제시하고 실제 제작과 시험에 관해 기술하고 있다. 에너지 저장 시스템은 배터리(BMS), 전력변환장치(PCS), 에너지 관리 시스템(EMS)로 구성되고 전력변환장치는 계통 전력과 배터리가 원활한 전력 흐름을 갖도록 제어하는 역할을 한다. 본 논문은 풍력 출력 평활화의 기능에 대한 시뮬레이션과 전력변환장치의 성능 검증에 대해 중점적으로 기술하였다.

### 1. 서론

풍력발전, 태양광발전과 같은 분산전원 시스템이 많이 설치되면서 전력 생산자가 늘어가고 이런 분산전원 발전원들을 효과적으로 관리하는 스마트 그리드에 대한 연구가 진행되면서 에너지 저장 시스템의 개발이 중요시 되고 있다. 이에 따라 현재 제주도 행원 풍력단지 내의 풍력 발전기와 연계할 에너지 저장 시스템을 개발하는 사업이 추진 중이며 현재 실증을 시작하고 있다.

### 2. 에너지 저장시스템을 위한 PCS

#### 2.1 800kW PCS의 구성

200[kWh] ESS(Energy Storage System)는 제주 행원단지에 설치되며 향후 2년간 풍력출력제어와 배터리 제어기술의 경제성을 평가하게 된다. 이 에너지 저장장치를 위한 PCS(Power Conditioning System)의 최대출력은 800[kW]이며 연계된 리튬 배터리의 최대 출력에 맞춰 설계되었다.

그림 1은 에너지 저장장치의 구성을 나타낸다. 200[kWh] 배터리는 50[kWh] 배터리 4 Bank로 구성되어 있고 각 배터리는 ES PCS의 200[kW] 컨버터와 전기적으로 연결된다. ES PCS는 배터리의 충방전 제어를 담당하는 200[kW] 컨버터 4대와 계통연계를 담당하는 800[kW] 인버터 1대로 구성된다. ES PCS는 배터리의 효율적인 운용과 고효율을 위하여 배터리의 4 Bank를 개별적으로 동작시킨다. 이는 낮은 충방전 출력에서 높은 효율을 유지하도록 하며 배터리의 수명과 열 관리를 효율적으로 수행할 수 있게 한다.

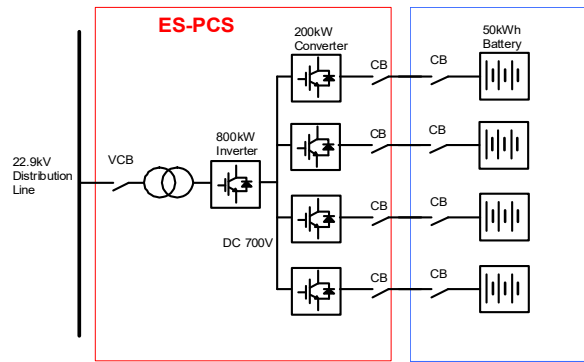


그림 1 800kW PCS의 토폴로지  
Fig. 1 Topology of the 800kW PCS for ESS

#### 2.2 시뮬레이션

에너지 저장장치용 PCS의 충방전 제어 능력과 계통연계 제어 안정성을 확인하기 위해 PSCAD/EMTDC를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 배터리 모델은 실제 배터리 회사의 심플 모델을 사용하였고 배터리 충방전 제어를 확인하기 위해 800[kW] 전력의 양방향 제어를 연속적으로 수행하였다. 그리고 계통연계 제어 안정성을 확인하기 위해 THD와 역률이 기준을 만족하는지 확인하였다. 시뮬레이션 결과 모두 만족하는 것을 확인할 수 있었다.

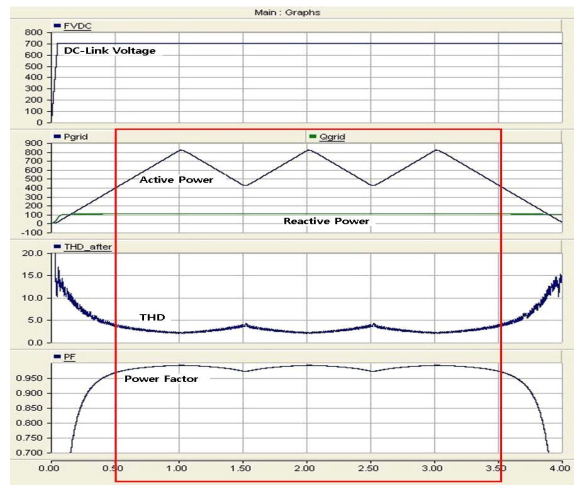


그림 2 계통연계 운전의 결과파형  
Fig. 2 Results of grid connection

### 2.3 800kW PCS 제작

표 1은 800kW PCS의 제작 사양이다. 800kW PCS는 6면의 판넬로 제작되었고 이를 컨테이너 내부에 설치하였다. 6면의 판넬은 각각 공랭식으로 운전되고, 컨테이너 내부는 냉난방기에 의해 온도가 조절된다.

표 1 PCS 사양  
Table 1 PCS Specification

DC/DC 컨버터	200 [kW]
DC/AC 인버터	800 [kW]
배터리 전압	DC 432 ~ 608 [V]
계통 전압	AC 22900 [V]
주파수	59.5 ~ 60.5 [Hz]
THD	5 [%] 이내
역률	0.99 이상
효율	93 [%]
동작 온도	10 ~ 40 [°C]
동작 습도	85 [%] 이하
컨테이너 사이즈	12191(W)/2600(D)/2696(H) [mm]
컨테이너 중량	15 [ton]
냉방능력	33 [kW]

800kW PCS는 제주도 해안가에 설치되기 때문에 염분과 바람에 대한 고려를 해야 한다. 온도 조건은 제주도의 연중 최고 기온이 36[°C]이고 연중 최저 기온이 3[°C]이기 때문에 여기에 맞춰서 설계하였다. 외형은 이동이 용이하도록 컨테이너 외형으로 제작하였다.

그림 3은 제작된 PCS 컨테이너 외형이다. 컨테이너 내부는 PCS 판넬과 계통연계 변압기, 그리고 Gas Insulated Switch[GIS]로 구성된다. 계통연계 변압기는 인버터 출력을 22.9kV 계통과 연계할 수 있도록 승압을 하고 GIS는 22.9kV 계통을 투입하기 위한 스위치로 사용된다.



그림 3 컨테이너 외형  
Fig. 3 PCS Container

### 2.4 실험 결과

DC/DC 컨버터의 열특성을 확인하기 위해 열포화 시험을 수행하였다. 200kW 정격용량으로 시험을 하면서 전력소모를 최소로 하기 위해서 전력이 순환할 수 있는 구성을 하였다.

주변 온도 40°C, 습도 85%에서 시험을 실시하였고 온도 측정은 상하단 IGBT에 근접한 방열판에서 측정하였다.

그림 4는 DC/DC Converter의 열포화 시험 결과 파형이다. 시험 결과 포화 온도의 최대값은 65°C이고 온도 변화 폭은 25°C로 나타났다. IGBT 사이에서 더 온도가 높게 나타났고 측정지점의 온도차는 4°C로 큰 차이를 보이지 않았다.

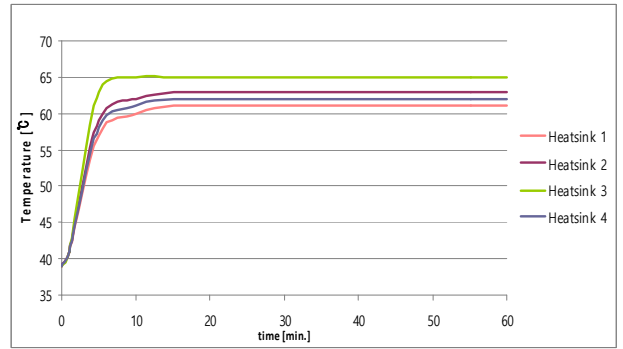


그림 4 컨버터 열포화시험 결과  
Fig. 4 Converter temperature test result

그림 5는 DC/AC 인버터의 열포화 시험 결과 파형이다. 시험 결과 포화 온도의 최대값은 82°C이고 온도 변화 폭은 42°C로 나타났다. Bus Bar의 포화온도는 66°C로 측정되었다.

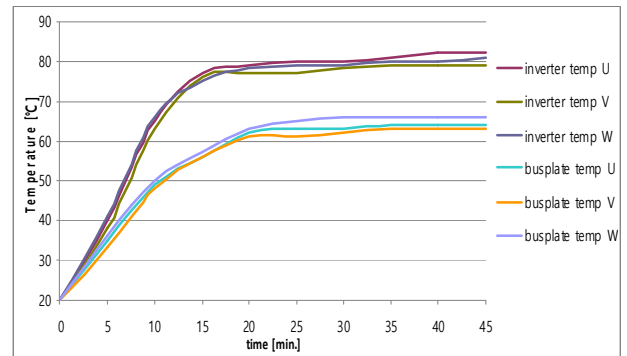


그림 5 인버터 열포화시험 결과  
Fig. 5 Inverter temperature test result

## 3. 결론

본 논문에서는 풍력발전과 연계된 ESS(Energy Storage System)에 필요한 PCS(Power Conditioning System)를 개발하기 위한 설계 사양과 동작에 대해 설명하였다. 앞서 소개된 ESS는 현재 실증 준비 중에 있으며 준비가 완료된 후 제주 행원 풍력발전단지에서 2년간 실증 운전할 예정이다. 실증운전을 통해 PCS의 성능과 ESS의 경제성을 검증할 계획이며 이 실증 연구 결과가 풍력발전단지에 대한 ESS 적용을 촉진시키고 신재생 에너지의 확대 보급에 기여할 것으로 예상된다.

## 참고 문헌

- [1] Muyeen S.M., Ali M.H., Takahashi R., Murata T. and Tamura J., "Wind Generator Output Power Smoothing and Terminal Voltage Regulation by Using STATCOM/ESS," Power Tech, 2007 IEEE Lausanne, pp.1232 1237.
- [2] J. Choi, H. Cha, B. Han, "A Three Phase Interleaved DC DC Converter with Active Clamp for Fuel Cells", To be published in IEEE Trans. on Power Electronics, 2010.
- [3] Jong woo Choi, Sung Il Yong and Seung Ki Sul, "Inverter Output voltage Synthesis Using novel Dead Time Compensation," IEEE Transactions on Power Electronics, vol.11, no.2, pp.221 227, march 1996.