

# 풍력 발전시스템의 효율적인 연계운전을 위한 0.5MW급 PCS 개발

\*이윤재, \*최은식, 이충우, 류강열, 조장호, 이진  
LS산전

## Development of a 0.5MW PCS for efficient connection operation of wind power system

\*Yun Jae Lee, \*Eun Sik Choi, Chung Woo Lee, Kang Yeul Ryu, Jang Ho Jo, Jin Lee  
LSIS

### ABSTRACT

According to the climatic characteristics of the wind power output is difficult to predict and a severe strain due to a change in output has been very influential in the grid. Jeju Hangwon wind farm, many of the wind generator is installed in a wide area because it is not have this device that artificially Smoothing is needed. In addition, By the requirements of the power company active power supply / control and improve power system reliability and energy storage during the peak demand for electricity using the energy stored in the power supply is needed.

In this paper, Unit 12 in Jeju Hangwon demonstrated 0.5MW PCS and energy storage system associated with the wind through the stabilization of output and the leveling of output and test results will be introduced.

### 1. 서론

풍력발전은 지역 및 기후 특성에 따른 출력예측이 어렵고 심한 출력변동으로 인해 계통에 큰 영향을 미치고 있다. 제주 행원 풍력단지인 경우 많은 풍력발전기가 넓은 지역에 설치되어 있지 않기 때문에 이를 인위적으로 Smoothing 해 주는 장치가 필요하다. 또한 전력회사의 요구에 의해 유효전력 공급/제어하여 전력계통 신뢰도 향상 및 전력수요 피크시 에너지 저장장치에 저장된 에너지를 이용하여 전력 공급 등이 필요하다.

본 논문에서는 제주 행원 12호기(750kW)에 실증된 0.5MW급 PCS와 에너지 저장장치와의 연계를 통해 풍력발전의 출력안정화 및 출력 평준화의 제어 구성 및 시험 결과를 소개하고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 PCS 시스템 구성

PCS는 계통과 병렬로 연결되어 에너지 저장장치에 에너지를 충/방전하는 역할을 한다. 그림 1과 같이 PCS#1(PCS#2 동일)은 250kW급으로 배터리 Rack 4개를 단위 구성으로 CAN 통신 기반이며, PCS#1,#2는 Master를 통해 Modbus 통신 기반으로 게이트웨이와 인터페이스를 구축하고 있다. EMS에서 제어하는 총 5개의 운전 모드로 BESS 정보 및 시스템이 운전된다.

다. 이때의 배터리는 LG화학의 Li ion Polymer 배터리 (125kWh)를 PCS#1과 #2에 각각 연계하였다. PCS의 구성요소의 사양은 표 1과 같다.

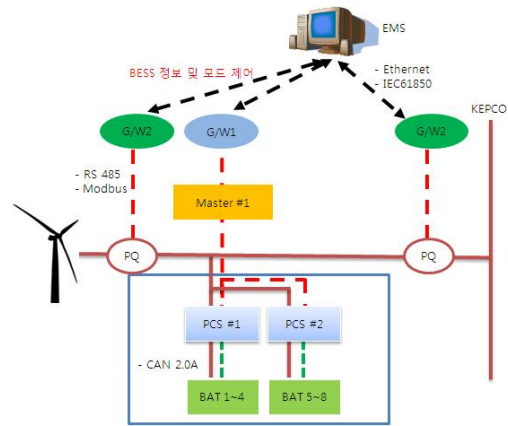


그림 1 PCS 시스템 구성도  
Fig. 1 PCS System Diagram

항목	상세 사양	
WIND 출력	정격 전압	600V
	정격 용량	750kW
	정격 전압	400V
PCS 출력	정격 전류	370Arms
	정격 용량	250kW/2EA
스위칭 주파수	PCS	2KHz
AC 리액터	최대 전압	400V
	최대 전류	400Arms
	인덕턴스	0.3mH
AC 콘덴서	최대전압	800V
	정격용량	900UF
IGBT	정격 전압	1200V
	정격 전류	1400A

표 1 PCS 사양서  
Table. 1 PCS Specification

#### 2.2 PCS 제어 구성

PCS는 풍력예측 데이터 및 전력 가격 예측 데이터를 토대로 전력 가격이 저렴한 구간에서는 에너지 저장장치를 충전하고 가격이 비싼 구간에서는 방전하여 EMS와의 연계운전을 최적화해야 한다. 따라서 PCS의 제어 역할은 에너지 저장장치를 이용한 충/방전을 하기 위해서 D축을 무효 전력으로 Q축을 유효전력으로 정의하고 PCS에서는 무효전력을 담당하지 않기 때문에 무효전력성분을 0로 하여 제어 한다. 만일 전류의 방향을 방전(+), 충전(-)라고 한다면 방전일 때 Ref값은 (+)값을 가지

게 되고, 충전일 때는 반대로 ( ) 값을 가지도록 제어 한다. PCS의 제어 블록도는 그림 2와 같다.

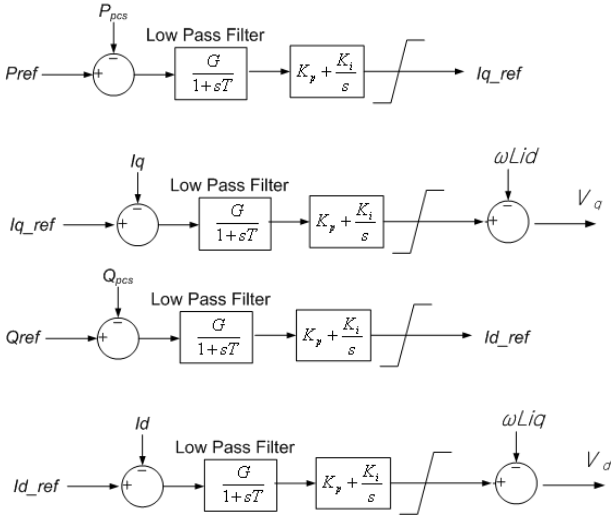


그림 2 PCS 제어 블록도  
Fig. 2 PCS Control Block

EMS와의 연계운전 및 에너지 저장장치와의 협조운전 실증 시험을 위해 PCS의 제어모드에 대해 정리하면 하기와 같다.

그림 3은 Standby 제어모드로서 PCS의 기본모드이며 PCS1과 PCS2의 에너지 저장장치의 전압 밸런싱을 맞춰 안정된 에너지 저장장치 운영을 위해 다른 모드를 사용하지 않을 경우 SOC를 모니터링 하여 CC모드와 CV모드로 충전한다.

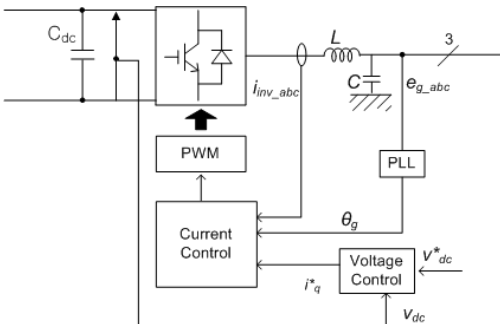


그림 3 Stand-by 제어 모드  
Fig. 3 Stand-by Control mode

그림 4는 UPC(Unit Power Control) 제어모드로서 target값(EMS 지령)에 의해 PCS의 출력을 제어하여 계통에 주입한다.

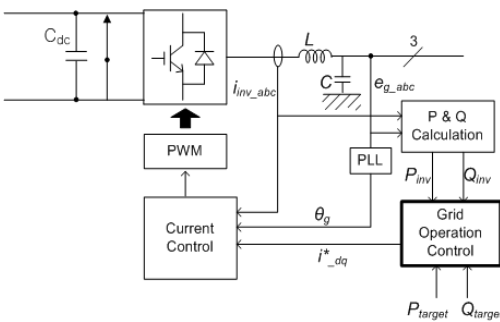


그림 4 UPC 제어모드  
Fig. 4 UPC Control mode

그림 5는 Smoothing 제어모드와 FFC(Feed Flow Control) 제어모드로서 target값(EMS 지령\_FFC 제어모드만 해당)에 의해 송전단 전압/전류를 센싱하여 선로에 흐르는 전력을 Smoothing 또는 정출력 제어한다.

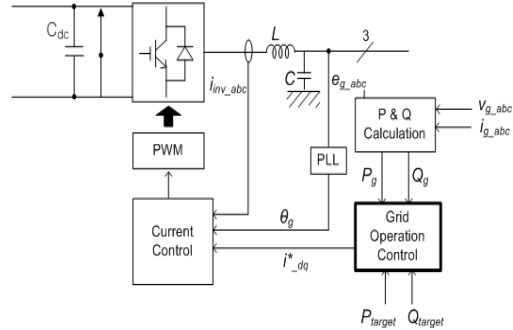


그림 5 Smoothing, FFC 제어모드  
Fig. 5 Smoothing, FFC Control mode

### 2.3 PCS 실험 결과

그림 6과 같이 Smoothing 제어모드는 안정화 기능이 적용되지 않는 풍력 발전단과 안정화 후의 송전단 측 출력 그래프를 비교한 결과이다. 안정화 후의 출력은 부드러운 곡선의 형태로 나타나게 되며 이는 급격한 출력 변동으로 인한 계통의 주파수에 악영향을 미치는 것을 방지한다.

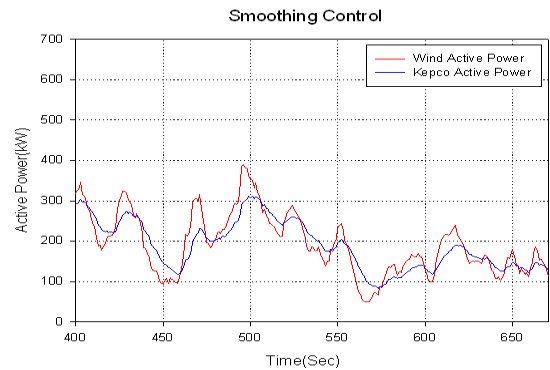


그림 6 Smoothing 제어 결과  
Fig. 6 Smoothing Control Result

그림 7과 같이 UPC 제어모드는 발전단의 출력평준화를 고려하지 않은 PCS의 입장에서 일정한 출력을 내고 있음을 볼 수 있는 결과이다.

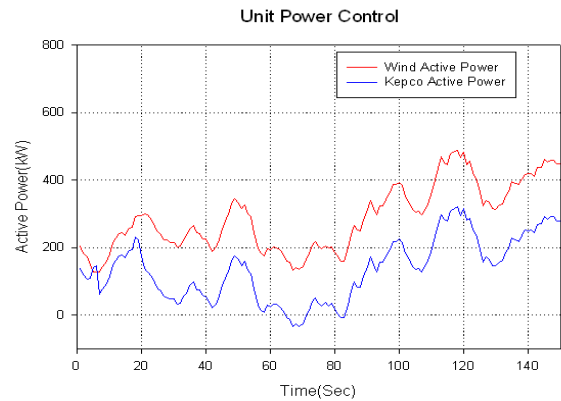


그림 7 UPC 제어 결과  
Fig. 7 UPC Control Result

그림 8은 BESS 자체적으로 계통으로 유입되는 전력을 일정하게 유지하는 모드이다. 계통에 흐르는 전력을 안정화 시키는데 있어 뛰어난 성능을 가지고 있다. 하기 그림은 FFC 모드에서 출력값을 변경시키면서 시험한 결과이다

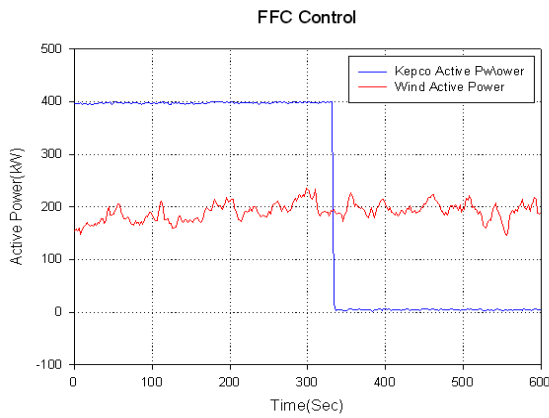


그림 8 FFC 제어 결과  
Fig. 8 FFC Control Result

### 3. 결론

본 논문에서는 Li ion Polymer 배터리를 이용한 0.5MW급 PCS를 제안하여 충/방전 알고리즘과 모드별 알고리즘을 시험 및 검증하였다. 따라서 에너지 저장시스템의 운용전략에 의한 전력변환장치(PCS)의 실증 운전을 통해 에너지 저장장치와의 협조 운전 실증 시험, EMS와의 연계 운전을 통해 풍력발전의 출력 안정화 및 출력 평준화를 확인 할 수 있었으며 이를 토대로 0.5MW급 PCS의 적용 가능성을 확인하였다.

향후에는 전력거래가격을 고려한 최적발전계획수립을 통해 에너지저장장치의 최적 운전시나리오를 시험 진행할 예정이다.

이 논문은 Smart Renewable 한전 컨소시엄 연구비 지원에 의하여 연구되었습

### 참 고 문 헌

- [1] 김종율, 박준호, "에너지저장장치 및 STATCOM을 이용한 풍력발전시스템의 출력제어 기법", 대한전기학회, PP 1717 1726, 2010
- [2] Z. Lubosny, "Wind turbine operation in electric power systems", Advanced Modeling, New York; Springer Verlag, 2003.
- [3] E. Twining, D G. Holmes, "Modelling grid connected voltage source inverter operation", Proceedings of the Australasian Universities Power Engineering Conf.(AUPEC 2001), PP 501 506. Sep. 23 26, 2001.
- [4] 배병렬, 한병문, "유도발전기식 풍력발전시스템의 STATCOM 적용 타당성 분석",
- [5] 권기현, "BESS를 활용한 Smart Renewable" 전력전자학회, PP 39 43, 2011
- [6] Smart Renewable 2단계 사업계획서, 2011.08