

제주 가파도 마이크로그리드에서의 풍력발전 연계를 위한 2MVA급 BESS 적용 및 실증

김승모, 오승진, 이종학, 안재민, 진경민, 권병기, 최창호
포스코 아이씨티

The application and Verification of the 2MVA BESS with Wind farm in Microgrid of Gapado, Jeju.
Seung-Mo Kim, Seung-Jin Oh, Jong-Hak Lee, Jae-Min Ahn, Kyung-Min Jin, Byung-Gi Kwon, Chang-Ho Choi
POSCO ICT

Abstract

본 논문은 POSCO ICT가 개발한 2MVA/500kWh급 BESS(Battery Energy Storage System)의 가파도 마이크로그리드 적용사례와 실증결과에 대해 기술하였다. 이를 위해 가파도 마이크로그리드 구성과 BESS 역할을 설명하였고, 적용된 기술을 소개하였다. 또한 시험항목과의 의의를 서술하고, 시험결과를 통해 계통망의 전력품질 및 BESS 제어성능을 검증하였다.

1. 서론

마이크로그리드에 적용되는 BESS(Battery Energy Storage System)는 풍력, 태양광을 포함하는 신재생에너지와 기존의 디젤발전기와 같은 내부 발전원과의 연계를 통해 에너지저장장치의 역할뿐만 아니라 안정된 출력전압과 주파수를 계통망에 공급하는 기능을 동시에 수행하여야 한다. 이에 따라 BESS는 전압 및 주파수변동률, 계통전압 왜형률(THD), 계통고장시 차단보호의 항목에서 IEEE Std 1547에서 정의하는 전력품질기준과 분산형전원 배전계통 연계 기술기준에 부합하여야 한다.

본 논문은 기존에 개발된 2MVA/500kWh급 BESS를 제주 가파도의 마이크로그리드에 적용, 실증시험을 수행함으로써 제품의 제어성능과 전력 품질을 검증하였다.

2. 본론

2.1 마이크로그리드 구성

제주 가파도의 마이크로그리드는 150[kVA]급 디젤발전기 3대, 250[kW]급 풍력발전기 2대, 21가구에 설치된 총 116[kW]급 태양광발전기를 포함하는 발전원과 계통연계를 위한 차단기류 및 변압기, 수용가 및 더미부하로 구성되어 있다. 이러한 구성에 BESS가 적용되어 전력사용량이 낮은 경우 배터리 충전을 통해 발전원의 전기에너지를 저장하고, 부하사용이 증가하는 경우 방전을 통해 전력을 공급하는 역할을 한다. 또한, 마이크로그리드에서의 BESS는 주전원 공급장치로서 안정된 계통전압과 주파수를 제공하여야 한다. Fig. 1은 가파도 계통에 BESS가 적용된 구성을 나타내고 있다.

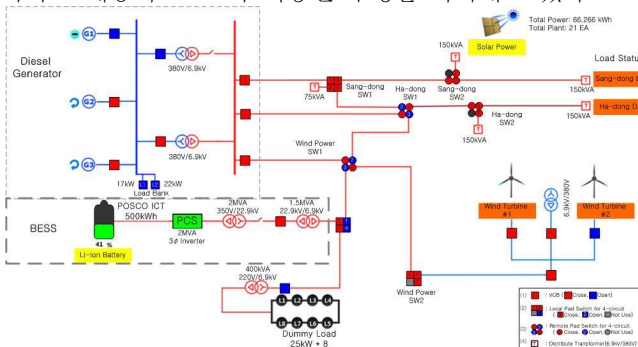


Fig. 1 BESS를 포함한 가파도 계통구성.

본 가파도 마이크로그리드 적용 BESS 실증에서는 CFI(Carbon Free Island) 구현을 목표로 이산화탄소 발생원인 디젤발전기를 제외하고 신재생에너지인 풍력발전기와 의 연계를 통해 BESS를 이용한 전기에너지저장과 마이크로그리드에 안정적 전원 및 주파수를 공급하는 것을 시험의 목적으로 하였다.

Table. 1에서는 가파도에 적용된 BESS의 내부구성과 각각의 전기적 사양을 정리하였다. 또한, 가파도 마이크로그리드에 적용된 풍력발전기의 사양은 Table. 2에 나타내었다.

Classification	Parameter	Value	
PCS	PCU	Capacity	2MVA
		DC Voltage	650~800 Vdc
		AC Voltage	350 Vac
		Frequency	60 Hz
		Efficiency	> 97%
	Cooling	Water	
	TR1	Capacity	2.1MVA
		Voltage	350/22,900 Vac
	TR2	Capacity	1.5MVA
		Voltage	22,900/6,900 Vac
SWGR	Capacity	2 MVA	
	Voltage	22,900 Vac	
BCS	Battery system	Voltage	650~800 Vdc
		Current	2,160 Aac
		Capacity	1.5 MW, 500kWh
		Type	Li-Ion
		Structure	16 Rack Parallel
	Cooling	Air	
PMS Controller	Comm	Modbus/TCP	
	Interface	EMS, PCS, BCS	
Round-Trip Efficiency		> 90%	
Reactive Power Compensation		1 MVAR	

Table. 1 Specification of BESS.

Parameter	Value
Rated Output	250kW
Rated Wind Speed	14m/S
Rotor Diameter	30m
Tower Height	30m
Working Range	4 ~ 25m/s
Power Control	Stall Control
Annual Production	657MWh

Table. 2 Specification of Wind Turbine.

2.2 적용 기술

BESS는 외형적으로 PCS(Power Conversion System)와 BCS(Battery Control System) 컨테이너로 구성되어 있다. PCS는 두 대의 PCU가 병렬로 구성되어 있으며, PCU 내부는 3상 전압원 인버터, LCL 필터로 이루어져 있다. PCU 출력측에는 다권선 3상 변압기, 계통연계를 위한 VCB 스위치기어, PMS를 포함하는 제어장치, 공조장치가 컨테이너에 내장되어 있다. 단, 가파도 계통연계를 위한 6.9kV 변압기는 별도의 외함에 설치되어 있다. BCS는 8개 직렬구성의 배터리 모듈로 구성된 16개의 배터리랙과 퓨즈 및 스위치, BCS와 PCS 접속을 위한 DS(Disconnecter Switch), 제어장치, 냉각장치로 구성되어 있다. BESS의 원격 제어는 PMS에 의해 수행되며, Modbus/TCP 통신에 의해 EMS 또는 GMS의 지령을 받는다. Fig. 2는 BESS의 내부 구성을 나타내고 있다.

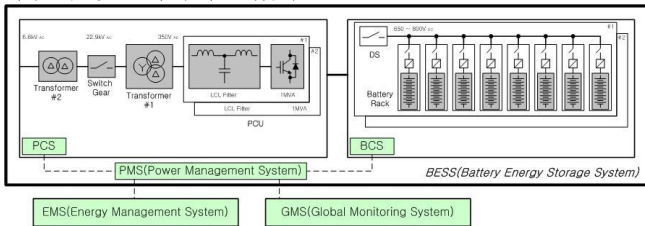


Fig. 2 BESS(Battery Energy Storage System) 내부 구성도.

가파도에서 BESS는 PCU 두 대의 병렬운전을 위해 Master는 전압제어, Slave는 전류제어를 수행한다. 또한 출력전압의 고조파를 최소화하기 위해 필터제어가 추가되었다. Fig. 3에서는 병렬운전을 위한 제어블럭다이를 나타내었다.

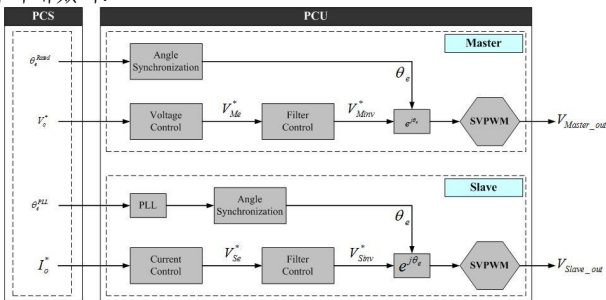


Fig. 3 BESS 병렬운전 제어블럭다이어 그림

3. 결론

3.1 현장설치 및 적용

본 가파도 BESS 실증은 풍력발전기와 연계하여 수행하였으며, 기동/발전량 측정, 전압 및 주파수 변동률, 전압왜형률(THD)을 측정하였다. Fig. 4는 가파도에 설치된 BESS 현황을 나타내고 있다.

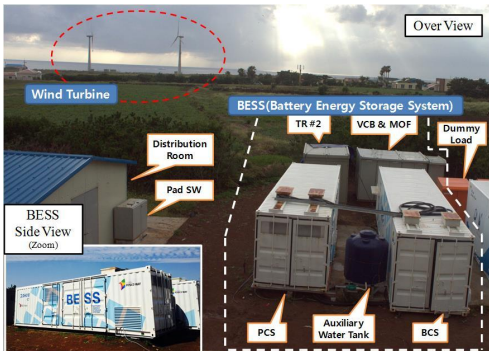
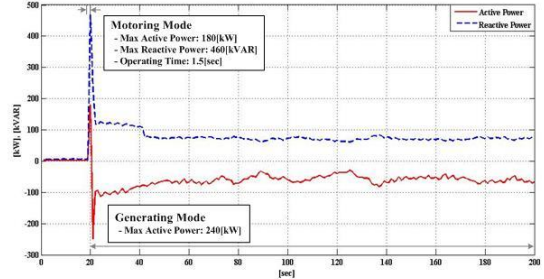


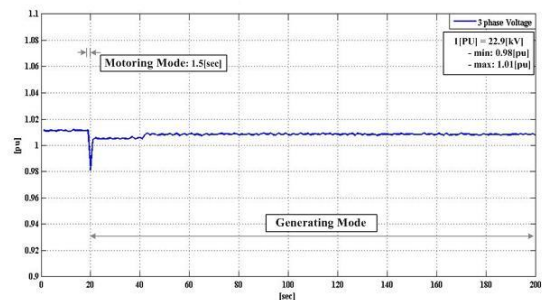
Fig. 4 BESS 가파도 설치전경.

3.2 시험결과

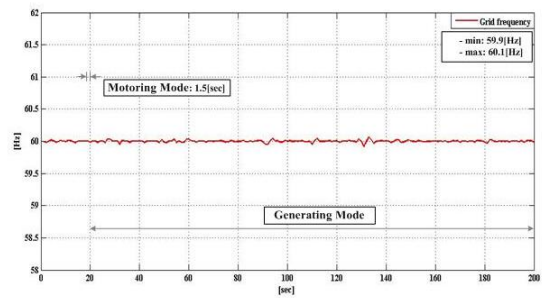
가파도 실증시험을 통해, 마이크로그리드에서의 BESS출력이 IEEE 1547 및 분산형전원 배전계통 연계 규정에 만족하는 결과를 얻었다. Fig. 5는 전력흐름, 전압 및 주파수변동률, 전압왜형률(THD) 항목에서의 결과를 나타내고 있다.



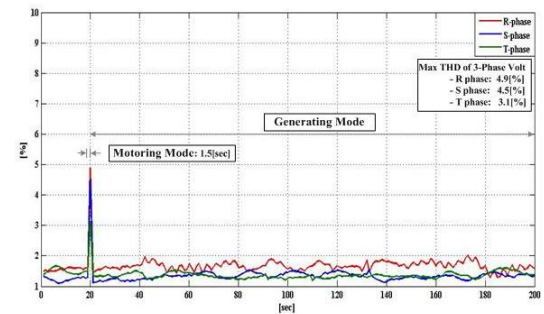
(a) Power Flow in Micro-grid with BESS and Wind-turbine of gapado, jeju



(b) Voltage Regulation Ratio in Micro-grid with BESS and Wind-turbine of gapado, jeju



(c) Frequency Regulation Ratio in Micro-grid with BESS and Wind-turbine of gapado, jeju



(d) Harmonic Analysis in Micro-grid with BESS and Wind-turbine of gapado, jeju

Fig. 5 가파도 마이크로그리드에서의 BESS 적용 실증 결과

Reference

[1] 김수홍, 김태형, 김운현, 인동석, 권병기, 최창호, "2MVA 급 배터리 에너지 저장시스템 개발", 전력전자학회, 전력전자학회논문지, 제 17 권 제 2 호 2012.4, page(s): 174-181