

국내 사이트의 계통연계형 DC 마이크로그리드 실증 운전

*유승영, 양대기, 정세형, 김민국, 오성진, 최세완
데스틴파워주식회사. 서울과학기술대학교.

Grid-connected DC Microgrid verification operating at Korea Site

*seungyeong. Yu, daeki. Yang, Se hyung. Jung, minkook. Kim, Seong Jin. Oh, SEWAN.
CHOI

Destinpower Inc. Seoul National University of Science And Technology

ABSTRACT

본 논문은 Grid, PV(Photovoltaic), BESS(Battery Energy Storage System), DC Load로 구성된 DC 마이크로그리드를 국내 사이트에 적용한 사례 및 실증 결과에 대해 기술하고 있다. 또한 DC 마이크로그리드 시스템의 구성과 함께 Destin Power사가 개발하여 적용한 125kW급 PCS(Power Conditioning System)의 기술을 소개하였다. 마지막으로 시스템의 운영 타당성을 체계적으로 검증하기 위해 진행했던 시험 항목과 결과를 서술하였으며 그 결과를 바탕으로 DC 마이크로그리드 시스템 실증을 검증하였다.

1. 서 론

최근 국내외적으로 다수의 분산전원과 BESS를 결합한 시스템인 마이크로그리드의 보급이 점차 확대되고 있다.^[1]

마이크로그리드는 상용 전력망과 연계되어 운영되는 계통연계형과 상용 전력망이 없는 독립형으로 구분된다. 또한 각 구성원이 AC 전력망을 통해 연계되어 운전되는 AC마이크로그리드와 DC 전력망에 연계되어 운전되는 DC 마이크로그리드로 나뉜다. 본 논문에서는 무효전력 및 동기화 문제가 없으며 상용 전력망과 연계 운전하는 계통연계형 DC 마이크로그리드의 실증사례를 서술한다.

본문에서는 DC 마이크로그리드의 시스템 구성 및 PCS의 전기적 사양을 먼저 소개하고 동작확인 및 안정성을 검증하기 위한 시험 항목 및 결과를 기술하였다. 이를 바탕으로 국내 사이트에 125kW급 계통연계형 DC 마이크로그리드를 실증함으로써 제품의 동작 타당성을 검증하였다.

2. 계통연계형 DC 마이크로그리드 실증 운전

2.1 시스템 구성

그림 1은 계통연계형 DC 마이크로그리드의 구성을 나타낸 것이다. 상용 전력망인 380V 계통이 연계되어있으며 분산전원으로는 태양광을 사용하였다. 또한 BESS를 결합하여 안정적인 전력수요 관리를 할 수 있도록 하였으며 부하는 DC부하로 구성되어있다.

또한 PCS는 계통연계형 DC/AC inverter 2기, PV용 DC/DC converter, 배터리용 DC/DC converter, DC Load용 DC/DC

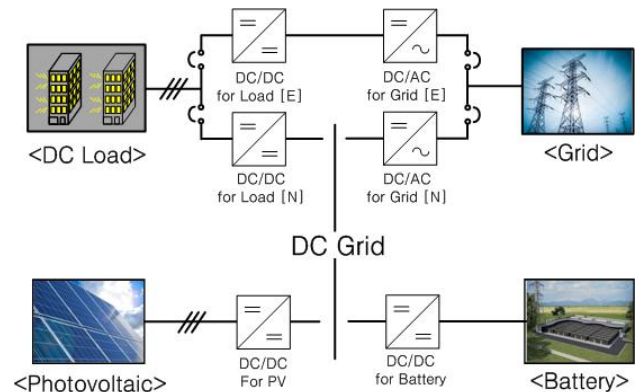


그림 1 계통연계형 DC 마이크로그리드의 구성
Fig. 1 Configuration of Grid-connected DC microgrid

converter 2기로 구성되어있다. 계통연계형 DC/AC inverter와 DC Load용 DC/DC converter가 2기로 구성된 이유는 DC Grid고장 시 DC Load에 안정적인 전력공급을 위함이다. 따라서 그림 1에서 [N]은 Normal line을, [E]는 Emergency line을 뜻한다.

PCS용량을 설계하기 위해서 DC Load의 부하크기, 태양광 발전소의 크기, Battery의 용량에 따라 설계된다. 각 구성원들의 크기 및 용량을 바탕으로 PCS 용량을 125kW로 설계하였으며, 적용된 각 PCS의 전기적 사양을 표 1에 나타내었다.

2.2 적용된 PCS 기술

2.2.1 PCS 구성

계통연계형 DC/AC inverter는 125kW급 단일 모듈로 구성되어있다. BESS용 DC/DC converter와 PV용 DC/DC converter는 같은 구조로 32kW모듈 4개가 병렬구조로 이루어져있다. DC Load용 DC/DC converter 또한 BESS 및 PV용 DC/DC converter와 같은 용량 구성으로 되어있지만 내부의 컨버터 토폴로지가 다르다.

특히 DC/DC converter는 입출력 전압범위가 넓고 양방향 전력전달이 가능하도록 하여 해당사이트 뿐만 아니라 다양한 요구사항 및 어플리케이션에 적용할 수 있도록 설계하였다. 또한 파워 소자는 Full SiC 소자를 적용하여 고효율 및 고밀도화를 달성하였다.

표 1 PCS의 전기적 사양
Table 1 Specification of PCS

PCS	Parameters		Value
DC/AC (Grid)	Capacity		125 kW
	Rated AC Voltage		380 V
	Rated AC Current		190 A
	Frequency		50/60 Hz
	DC Voltage Range		900 ~ 990 V
DC/DC (BESS)	Capacity		125 kW
	Low Side	DC Voltage Range	570 ~ 830 V
		Max DC Current	500 A
	High Side	DC Voltage Range	900 ~ 990 V
		Max DC Current	140 A
DC/DC (PV)	Capacity		125 kW
	Low Side	DC Voltage Range	250 ~ 830 V
		Max DC Current	500 A
	High Side	DC Voltage Range	900 ~ 990 V
		Max DC Current	140 A
DC/DC (DC Load)	Capacity		125 kW
	Low Side	DC Voltage Range	270 ~ 330 V
		Max DC Current	470 A
	High Side	DC Voltage Range	900 ~ 990 V
		Max DC Current	140 A

2.2.2 PCS 제어 방식 및 운영

계통연계형 DC/AC inverter는 DC 마이크로그리드에서 가장 중요한 역할을 하는 DC Link 전압제어 및 역률 제어를 한다. BESS용 DC/DC converter는 원하는 전력 지령치를 상위 제어기로부터 받아서 전력제어를 하는 방식을 사용한다. 또한 모듈 간 통신을 통해 전력 지령치를 모듈 간 일정하게 나눔으로써 모듈 간 불균형 없이 안정적으로 충, 방전을 실시할 수 있다. PV용 DC/DC converter는 4개의 모듈이 Master Slave 방식을 바탕으로 전력공급을 한다. 먼저 Master모듈에서 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 알고리즘을 수행하여 최대 전력점을 찾는다. Master모듈이 최대 전력점에 준하는 Parameter의 지령치를 Slave 모듈에게 통신을 통해 전달함으로써 최대 발전량을 내기위한 제어방식을 사용한다. DC Load용 DC/DC converter는 조명부하를 동작시키기 위해 전압 제어 방식을 사용한다. 병렬구조의 모듈이 전압을 제어하기 위해 통신 방식을 사용하게 되면, 통신이 끊겼을 때와 부하 급변 시 속응성이 떨어질 수 있는 단점이 있다. 따라서 DC Load용 DC/DC converter는 통신 없이 전압 제어가 가능한 DC Droop 제어 기법을 사용하였다. DC Droop제어 기법의 안정적이고 효율적인 제어를 수행하기 위해 최적 지점을 찾음으로써 안정적인 부하공급을 할 수 있다.^[2]

2.3 시험 항목 및 결과

시스템 운영의 안정성 및 신뢰성을 확보하기 위해 KTC(한국기계전기전자시험연구원)에서 여러 시험항목을 진행하였다. DC/AC Inverter는 SGSF규격을 바탕으로 공인인증을 취득하였으며, DC/DC converter는 상품화를 위한 시험을 통해 신뢰성을 검증하였다. 여러 항목 중 각 PCS의 주요 시험 항목과 측정 결과를 표2에 나타내었으며 그림 2에 PCS 제품을 나타내었다. 왼쪽부터 DC/AC inverter, BESS용 DC/DC converter, PV용 DC/DC converter, DC Load용 DC/DC converter이다.

표 2 PCS의 시험 항목 및 결과
Table 2 Test Items and Result of PCS

PCS	Test Items	Result
DC/AC (Grid)	누설전류	1.15 mA
	절연내력	이상 없음
	역률	0.99
	왜형률	종합 : 최대 2.31 %
		각 차 : 최대 2.1 %
	정격 효율	94.22 %
DC/DC (BESS)	누설전류	3.49 mA
	절연내력	이상 없음
	정격 효율	방전 : 98.08 % 충전 : 98.7 %
DC/DC (PV)	누설전류	4.40 mA
	절연내력	이상 없음
	정격 효율	98.52 %
DC/DC (Load)	누설전류	3.65 mA
	절연내력	이상 없음
	정격 효율	97.16 %



그림 2 PCS 제품
Fig. 2 PCS products

3. 결 론

본 논문에서는 국내 사이트에 125kW급 계통연계형 DC 마이크로그리드의 실증한 사례를 소개하였다. DC 마이크로그리드의 안정적인 운영을 위해 각 구성에 맞는 PCS의 기술을 적용하였으며, 기술 타당성을 검증하기 위해 부합하는 시험을 진행하였다. 이를 바탕으로 국내 사이트에 성공적으로 적용 및 실증하였다. 따라서 본 논문에서 서술한 계통연계형 DC 마이크로그리드용 제품은 앞으로 마이크로그리드 시장에 중추적인 역할을 할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Olivares, D.E.; Mehrizi Sani, A.; Etemadi, A.H.; Canizares, C.A.; Iravani, R.; Kazerani, M.; Hajimiragha, A.H.; Gomis Bellmunt, O.; Saeedifard, M.; Palma Behnke, R.; et al. Trends in Microgrid Control. IEEE Trans. Smart Grid 2014, 5, 1905–1919.
- [2] Lu, X.; Guerrero, J.M.; Sun, K.; Vasquez, J.C. An Improved Droop Control Method for DC Microgrids Based on Low Bandwidth Communication with DC Bus Voltage Restoration and Enhanced Current Sharing Accuracy. IEEE Trans. Power Electron. 2014, 29, 1800–1812.