

SiC를 이용한 신재생 에너지용 다중입력 PCS 개발

신양진¹, 김형진¹, 유기범¹, 최세완¹, 오정배², 전석², 홍석용³, 양대기³
 서울과학기술대학교¹, 그리다에너지주식회사², 데스틴파워주식회사³

Development of Multi-input PCS using SiC for Renewable energy

Yangjin Shin¹, Hyungjin Kim¹, Kibum You¹, Sewan Choi¹, Jungbae Oh², Suk Chon²,
 Seokyong Hong³, Daeki Yang³

Seoul National University of Science and Technology¹, Gridaenergy Inc², Destinpower Inc³

ABSTRACT

본 논문에서는 SiC를 이용한 신재생 에너지용 다중입력 PCS를 개발하였다. 제안하는 PCS는 풍력, 태양광, 배터리를 포함하는 다중입력 구조를 갖고 2단 방식으로 비절연 DC-DC 컨버터가 전압, 전류 및 양방향 제어를 하고 DC-AC 인버터가 단상 계통연계, 독립운전을 지원한다. 또한 SiC Mosfet을 사용하여 수동소자 크기를 최소화 하고 고효율 동작을 달성하였다. 제안하는 PCS의 동작모드를 제시하고 시작품을 통해 본 논문의 타당성을 검증하였다.

1. 서 론

세계적으로 원유 가격이 최고수준에 도달하고 환경오염의 심각성이 더해짐에 따라 이에 대한 대책으로 태양광 발전, 풍력 발전등과 같은 신재생 에너지를 위한 전력변환 시스템(PCS)의 중요성이 대두되고 있다. 하지만 환경 조건에 따라 발전량이 안정적이지 않다는 문제점을 갖고 있다. 이에 따라 자체적으로 에너지를 생산할 수 있는 신재생 에너지 발전 시스템에 배터리를 추가하여 전력사용 효율성을 극대화할 수 있다[1].

본 논문에서는 SiC Mosfet을 기반으로 한 신재생 에너지용 다중입력 PCS를 제안한다. 제안하는 PCS는 태양광, 풍력 발전을 통해 생산된 전력량의 일부분을 배터리를 이용하여 저장하고 계통에 공급하기도 하거나, 충전 및 방전을 통해 부하 평준화 및 첨두부하 분산이 가능하다. 또한 독립운전 모드도 추가함으로써 계통 차단 시에도 부하에 전력 공급이 가능하게 된다 [2]. 그림 1은 제안하는 PCS의 전체 구성도이다. PV 컨버터, WT 컨버터, 배터리 충·방전용 양방향 컨버터 그리고 DC-AC 인버터로 구성되어 있다.

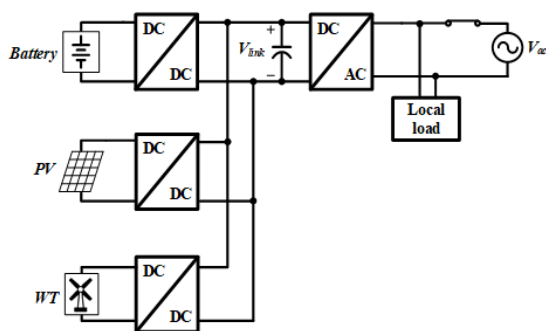


그림 1. 제안하는 신재생 에너지용 다중입력 PCS 구성도

2. 제안하는 신재생 에너지용 다중입력 PCS

제안하는 PCS는 DC-DC 비절연형 부스트 컨버터와 단상 풀브릿지 DC-AC 인버터로 2단 전력변환 방식으로 구성된다. 그림 2와 같이 계통연계 모드에서는 전력 요구가 저렴한 심야 시간에 계통으로부터 전력을 공급받거나 발전량이 많은 시간에 남는 전력을 배터리로 충전하여 전력 수요가 많은 주간 시간에 방전한다. 이 때 인버터는 DC link 전압을 제어, PV 컨버터와 WT 컨버터는 MPPT 제어 그리고 배터리 컨버터는 전류제어를 하여 신재생 에너지 발전량에 따라 충·방전량을 결정한다.

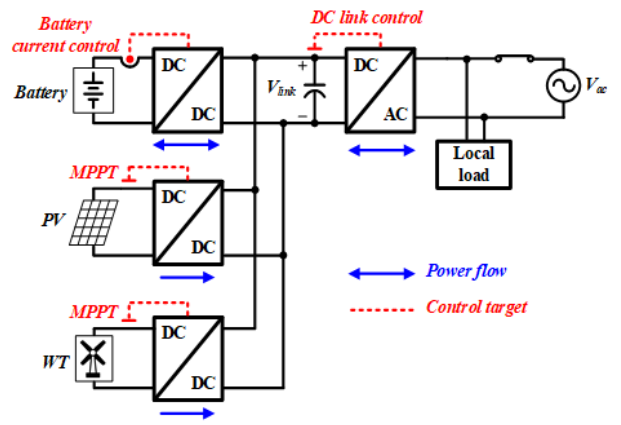


그림 2. 계통연계 모드

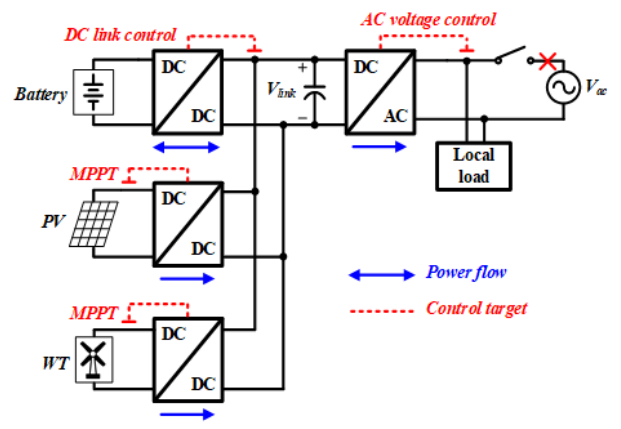


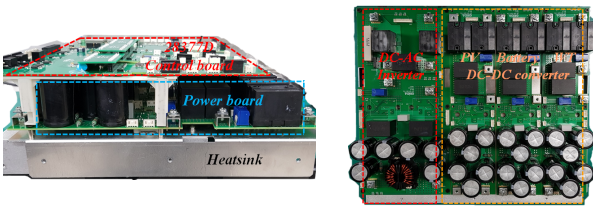
그림 3. 독립운전 모드

그림 3과 같이 계통 정전 상황이 발생했을 때에는 독립운전 모드로 전환한다. 이 모드에서는 배터리에 저장된 전력과 신재생 에너지를 이용하여 부하에 안정적인 전력을 공급한다. 이때 인버터는 부하 전압을 제어하고 배터리 컨버터가 DC link 전압을 제어하게 된다.

3. 실험 결과

제안하는 PCS의 타당성을 입증하기 위해 아래와 같은 사양으로 그림 4와 같은 시작품을 제작하여 실험을 하였다.

- $P_o = 10\text{kW}$
- $V_{grid} = 220\text{V}_{ac}$
- $V_{link} = 450\text{V}$
- $V_{WT} = 310\text{V}$
- $V_{PV} = 200\sim 400\text{V}$
- $V_{bat} = 370\sim 420\text{V}$
- $f_{S,INV} = 40\text{kHz}$
- $f_{S,CONV} = 40\text{kHz}$
- $f_{grid} = 60\text{Hz}$



(a) PCS 시작품 (b) 파워 스택

그림 4. 제안하는 신재생 에너지용 다중입력 PCS 시작품

그림 5는 제안하는 PCS의 계통연계 모드에서의 실험파형이다. 신재생 에너지의 총 발전량이 10kW일 때, 부하에 5kW가 공급되고 남은 5kW가 배터리에 충전되는 것을 확인할 수 있다. 그림 6은 독립운전 모드에서의 실험파형이다. 계통의 정전 상황이 발생했을 때, 신재생 에너지의 발전 전력과 배터리의 방전 전력이 부하에 모두 공급되는 것을 확인할 수 있다.

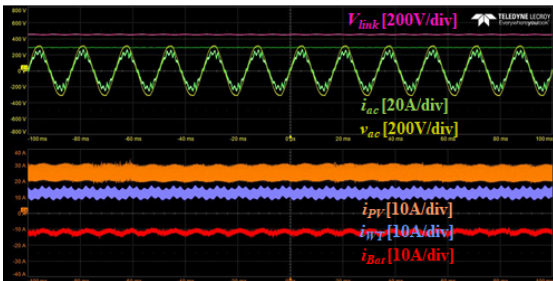


그림 5. 계통연계 모드 실험파형

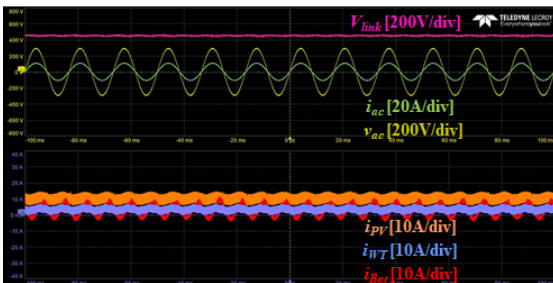
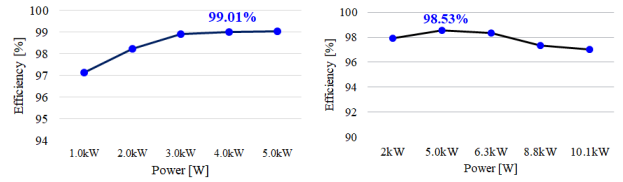


그림 6. 독립운전 모드 실험파형

그림 7은 제안하는 PCS의 효율을 나타낸다. 각각의 최고효율은 컨버터는 99.1%@4kW, 인버터는 98.5%@3.5kW이다. 그림 8은 정격 부하에서 50분동안 동작 후 측정된 온도로 DC-AC 인버터의 스위치가 49.6°C로 가장 높은 온도를 가지며, ΔT는 약 25°C로 산업응用に 적합함을 확인하였다.



(a) 컨버터 효율 (b) 인버터 효율

그림 7. 제안하는 PCS의 실험 효율 (측정: YOKOGAWA WT3000)

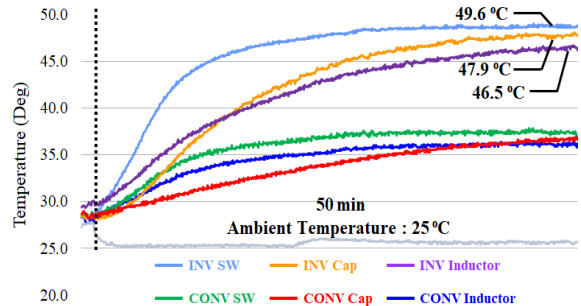


그림 8. PCS 측정 온도

4. 결론

본 논문에서는 신재생 에너지용 다중입력 PCS와 요구되는 동작모드를 제안하였다. 또한 10kW급 시작품 실험을 통하여 제안하는 PCS의 동작모드와 성능을 검증하였다. SiC Mosfet을 이용하여 컨버터와 인버터 모두 최고효율 98.5% 이상을 달성하였다.

본 논문은 과학기술정보통신부의 재원으로 연구개발특구진흥재단-기술이전사업화 사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (No.17GJI009 / 태양광 ESS 운영을 위한 에너지 IoT 프로토콜 기반 지능형 PCS 개발)

참고 문헌

[1] S. Chiang, K. Chang, and C. Yen, "Residential photovoltaic energy storage system," IEEE Industrial Electronics, Vol. 45, No. 3, pp. 385-394, June 1998.
 [2] 김상진, 권민호, 최세완, 백석민, 김미성, "비상전원 기능을 갖는 하이브리드 ESS를 위한 PCS 제어 전략," 전력전자학회 논문지, 21권 제4호, 2016. 8, 302-311.