

# 가정용 ESS를 위한 10kW급 고효율 PCS 개발

박성열<sup>1</sup>, 정현주<sup>1</sup>, 권민호<sup>1</sup>, 정세형<sup>1</sup>, 최세완<sup>†</sup>, 송용규<sup>2</sup>  
 서울과학기술대학교<sup>1</sup>, 한솔 테크닉스<sup>2</sup>

## Development of 10kW High Efficiency PCS for Residential ESS

Sung Youl Park<sup>1</sup>, Hyeon Ju Jeong<sup>1</sup>, Min Ho Kwon<sup>1</sup>, Se Hyung Jung<sup>1</sup>, Se Wan Choi<sup>†</sup>,  
 Yong Gyu Song<sup>2</sup>

Seoul National University of Science and Technology<sup>1</sup>, Hansol Technics<sup>2</sup>

### ABSTRACT

본 논문에서는 가정용 ESS를 위한 10kW급 고효율 PCS를 제안한다. 효율적인 ESS 운용을 위한 동작 모드와 스위칭 및 필터 손실을 최소화하기 위한 고효율 PCS의 양방향 AC/DC 컨버터와 양방향 DC/DC 컨버터를 제안하였다. 제안하는 PCS의 동작과 성능은 10kW급 시제품 실험을 통하여 검증되었다.

지, 절연형 컨버터로서 직렬공진컨버터(SRC)를 선정하였으며, SRC는 절연과 DC 변압기 역할을 하고 공진 커패시터가 DC blocking 역할을 하여 변압기 자화 인덕턴스의 전류 오프셋을 방지한다.

### 2. 제안하는 ESS용 고효율 PCS

제안하는 고효율 PCS는 그림 2와 같이 태양광 컨버터, 양방향 AC/DC 컨버터, 배터리 충·방전용 양방향 컨버터로 구성되어 있다. 양방향 DC/DC 컨버터의 절연부 SRC는 고정 주파수 및 고정 듀티에서 동작하여 변압기 및 스위치 등 절연부를 최적화 할 수 있으며 부하 크기와 전압에 상관없이 항상 ZCS 턴 온 및 턴오프를 성취한다. 또한, 공진 인덕터를 작게 설계하여 Q곡선을 완만하게 사용하므로 전압이득이 공진소자 공차에 영향이 거의 없다.<sup>[2]</sup> 양방향 AC/DC 컨버터는 T type 토폴로지를 선정하여 스위칭 손실 및 필터 손실을 최소화하였다.

### 1. 서 론

환경오염과 화석 에너지 고갈에 대처할 방책으로 태양광 발전, 풍력발전 등의 신재생 에너지 산업이 꾸준히 성장하고 있다. 하지만 기상 조건과 같은 환경 여건에 따라 발전량이 일정하지 못하여 연속적이고 안정적인 전력 생산이 어렵다는 단점을 갖고 있다. 이에 따라 에너지를 자체적으로 생산할 수 있는 기존의 태양광 발전 시스템에 ESS가 추가된 시스템이 최근에 개발되고 있다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서는 가정용 ESS를 위한 10kW급 고효율 PCS를 제안한다. 제안한 시스템은 ESS의 배터리를 이용하여 자체 생산하는 전력량을 일정 수준 저장하고 망에 공급하기도 하며, 기존 망에서 충전 및 방전을 통해 부하 평준화 및 침투부하분산이 가능하여 전력사용 효율성을 극대화한다. 또한 계통차단 시 비상발전모드를 추가함으로써 끊임없는 전력공급이 가능하다.

제안하는 고효율 PCS의 AC/DC 컨버터는 T type 토폴로지를 선정하여 스위칭 손실 및 필터 손실을 최소화하였고, 양방향 DC/DC 컨버터는 비절연형 컨버터와 절연형 컨버터 2단 방식으로 구성되었다. 비절연형 컨버터로서 양방향 하프 브릿

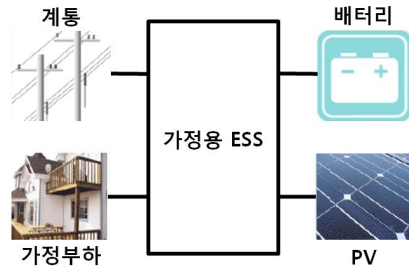


그림 2 제안하는 가정용 ESS 구조

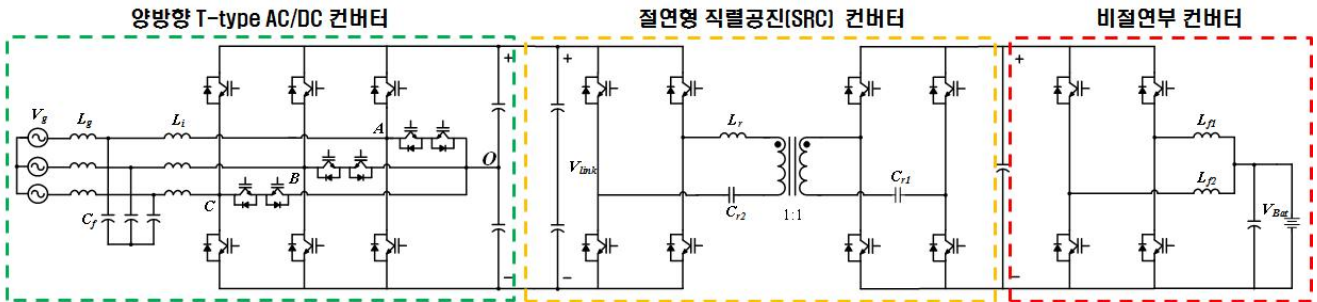


그림 1 PCS 회로도

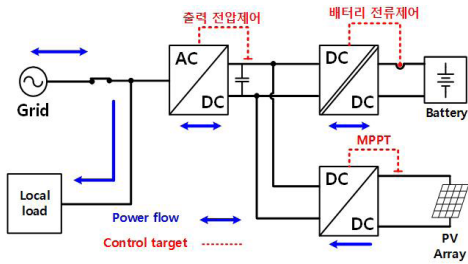


그림 3 배터리 충·방전 모드

그림 3과 같이 배터리 충·방전 모드에서는 전력 요구량이 저렴한 심야 시간에 계통으로부터 전력을 공급받거나 일사량이 많은 낮에 태양광으로부터 에너지를 공급 받아 배터리를 충전하고, 전력 수요가 많은 주간 시간에 배터리에 저장된 전력을 방전한다. 이 때 양방향 컨버터의 비절연부는 배터리 전류, 전압을 제어하고, 양방향 AC/DC 컨버터는 DC 링크 전압을 제어한다.

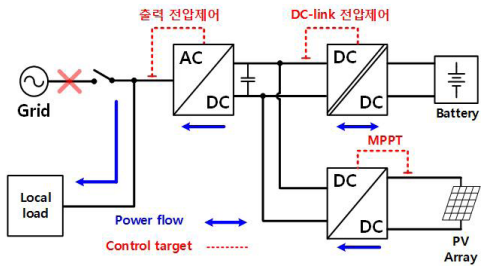


그림 4 비상발전 모드

그림 4와 같이 정전 상황이 발생하면 배터리 충·방전 모드에서 비상발전 모드로 전환한다. 이때 무순단 절체기능을 갖는 제어기법을 적용함으로써 과도상태 없는 매끄러운 모드전환이 가능하다. 비상발전 모드에서는 배터리에 저장된 전력과 태양광 에너지를 이용하여 부하에 안정적인 전력을 공급한다. 이 때 양방향 컨버터의 비절연부는 DC 링크 전압을 제어하고, 양방향 AC/DC 컨버터는 교류 전압을 제어한다.

### 3. 실험 결과

그림 5는 양방향 DC/DC 컨버터의 시작품 사진이고, 제안하는 ESS용 PCS의 설계 사양은 아래와 같다.

$$\cdot P = 10\text{kW} \cdot V_g = 220\text{V} \cdot V_{Bat} = 172\text{V} \sim 336\text{V}$$

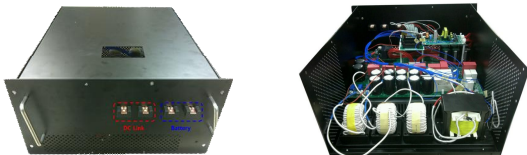


그림 5. 양방향 DC/DC 컨버터 시작품 사진

그림 6는 양방향 DC/DC 컨버터의 충전 실험 파형으로 비절연부의 2상 인터리빙 동작과 절연부 모든 스위치의 ZCS 턴온 및 턴오프 성취를 확인 할 수 있다. 그림 7은 정전류 정전압 (CC CV) 충전 실험 파형으로 배터리를 정전류로 충전을 하다가 종지 전압에 도달하게 되어 정전압으로 충전하는 것을 확인할 수 있다. 그림 8은 정전 발생 시 배터리 충·방전 모드에서

비상발전 모드로 전환하는 실험 파형으로 부하 전압의 과도상태 없는 매끄러운 모드 전환을 확인할 수 있다. 그림 9는 제안하는 ESS용 PCS의 측정 효율로 충전 시 94.8%, 방전 시 94.6%의 최대 효율을 달성하였다.

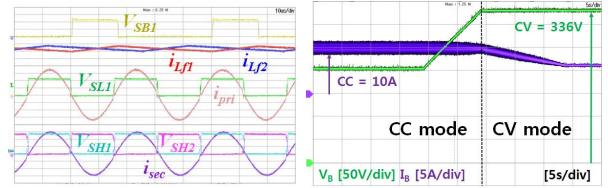


그림 6 양방향 DC/DC 컨버터 실험 파형

그림 7 배터리 CC-CV 충전 실험 파형

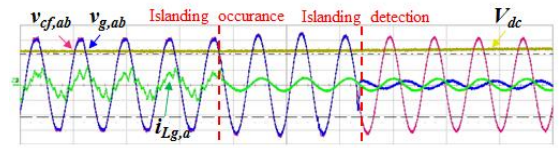


그림 8 비상발전 모드 전환 실험 파형

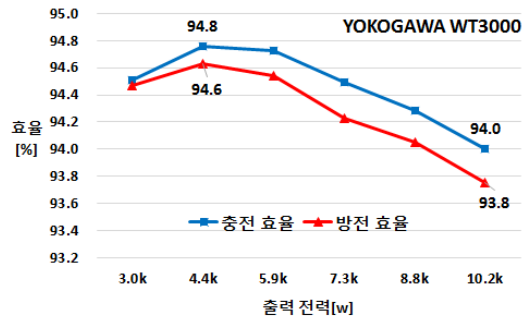


그림 9 측정 효율

### 4. 결론

본 논문에서는 가정용 ESS에서 요구되는 PCS의 동작 모드와 10kW급 고효율 PCS를 제안하였다. AC/DC 컨버터는 T type 토폴로지를 선정해서 스위칭 손실 및 필터 손실을 최소화하였으며, DC/DC 컨버터는 부하 크기와 전압에 상관없이 항상 ZCS 턴온 및 턴오프를 성취하여 고효율 달성하였다. 10kW급 시작품 실험을 통하여 제안하는 PCS의 동작모드와 성능을 검증하였고, 충전 시 94.8%, 방전 시 94.6%의 최대 효율을 달성하였다.

본 논문은 한술 테크닉스의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 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] 최세환, "직렬 공진 컨버터를 이용한 배터리 충전기", 특허출원, 등록번호 10 1286509, 등록일 2013.07.10