

# 3kW급 스마트 홈에너지 서버 시스템 개발

김민재, 정아진, 양대기, 홍석용, 최세완, 조준석\*  
 서울과학기술대학교, \*이이시스

## Development of 3kW Smart Home Energy Server System

Minjae Kim, Ahjin Jung, Daeki Yang, Seokyong Hong, Sewan Choi, Junseok Cho\*  
 Seoul National University of Science and Technology, \*EESYS

### ABSTRACT

본 논문에서는 비상전원 기능을 갖는 고효율, 고신뢰성의 3kW급 스마트 홈에너지 서버 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 Li Ion 배터리 충·방전용 양방향 컨버터, 태양광 발전용 단방향 컨버터, 양방향 계통 연계형 인버터로 구성되어 있다. 제안하는 시스템의 운전모드를 제시하고 3kW급 시작품의 실험을 통하여 타당성을 검증하였다.

### 1. 서론

최근 우리나라의 대규모 정전 사태와 일본 후쿠시마 원전사태 이후 제한송전을 대비한 가정용 비상전원장치의 필요성이 제기되고 있으며 이에 따라 UPS, 연료전지 발전시스템, 태양전지 발전시스템, 에너지 저장 장치 등에 대한 필요성과 수요가 증가되고 있다. 이를 해결하기 위해서는 ESS시스템을 갖고 자체 생산하는 전력량을 일정 수준 저장하고 망에 공급하기도 하며, 기존 망에서 충전 및 방전하는 방식을 복합적으로 적용한 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 정상운전모드 시 태양광에너지를 배터리에 충전하거나 가정용부하에 공급 또는 여분의 전력을 계통에 보낼 수 있고 태양광 에너지가 부족하거나 전력 수요가 많은 경우 배터리를 방전하여 가정용부하에 전력을 공급할 수 있으며 정전과 같은 비상모드 시에는 태양광과 배터리의 에너지를 이용하여 부하에 지속적인 전력공급이 가능한 스마트 홈에너지 서버를 제안한다.

### 2. 제안하는 스마트 홈에너지 서버 시스템

그림 1과 같이 제안하는 스마트 홈에너지 서버 시스템은 Li Ion 배터리 충·방전용 양방향 컨버터, 태양광 발전용 단방향 컨버터, 양방향 계통 연계형 인버터로 구성되어 있다. 그림 2는 스마트 홈에너지 서버의 5가지 운전 모드를 나타낸다. 주간충전모드는 주간 PV의 발전량이 많고 가정용부하가 작은 경우 PV의 전력을 가정용부하에 공급하고 배터리를 충전하며 잉여 전력은 계통에 공급하는 모드이다. 주간방전모드는 주간충전모드 이외의 주간시간에 해당하고 배터리를 방전하고 가정용부하에 전력을 공급하며 잉여전력은 계통에 공급한다. 야간방전모드는 PV는 발전을 하지 않고 배터리를 방전하여 가정용부하에

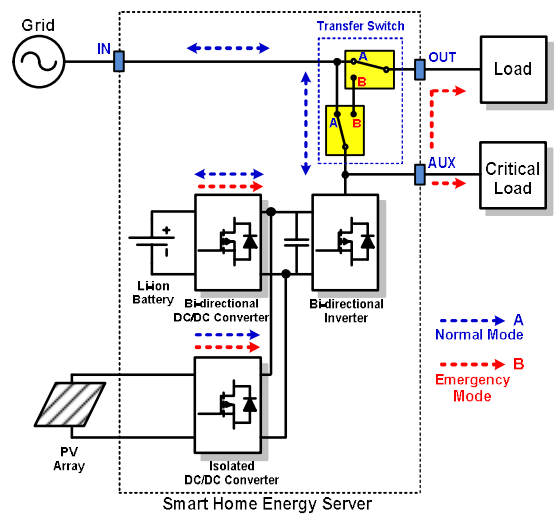


그림 1 제안하는 스마트 홈에너지 서버 시스템

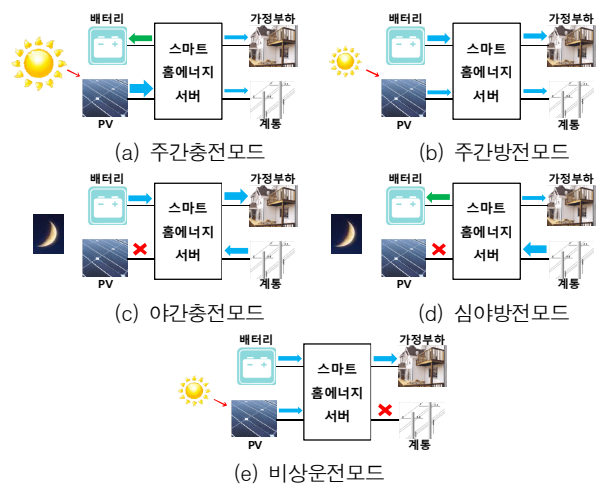


그림 2 스마트 홈에너지 서버의 운전 모드

공급하고 부족한 전력은 계통으로부터 공급받는다. 심야충전모드는 심야시간에 계통으로부터 전력을 공급받아 배터리를 충전하고 가정용부하에 전력을 공급한다. 비상운전모드는 정전과 같은 계통 이상시 계통과의 연결을 끊고 PV의 발전과 배터리를 방전하여 가정용부하에 전력을 공급한다. 본 스마트 홈에너지 서버의 기능 및 특징을 정리하면 다음과 같다.

- 태양광 발전용 고효율 계통연계 PCS 기능
- 정전 시 비상발전을 위한 백업전원장치 모드
- 계통연계 모드에서 독립운전으로 전환 시 무순단 절체 가능
- 부하평준화 및 침두부하 분산을 위한 운전 기능
- 무효전력제어에 의한 전력품질 향상 기능
- Li Ion 배터리의 양방향 CC/CV 충·방전 제어 기능
- BMS 통신 프로토콜 구현 및 상태관리/진단 기능
- Full Digital DSP에 의한 실시간 전압/전류/MPPT 제어 기능
- 계통감시 및 통합 시스템 자가진단 기능
- 고속의 능동적 단독운전 방지 기능 및 다양한 보호기능
- BMS 상태/태양광 상태/양방향 에너지량 원격 모니터링 및 분석기능
- 다양한 입출력 통신 인터페이스 확장가능 옵션기능 (CAN/RS 232/TCP IP)
- EMS 상위제어 인터페이스 확장을 위한 통신 모듈 내장

### 3. 실험 결과

제안하는 시스템의 실험 사양은 아래와 같다.

- $P_{out} = 3kW$       •  $V_{pv} = 150 \sim 450V$       •  $V_{bat} = 128 \sim 163V$
- 전류THD < 5%      • 전압THD < 3%      • 역률 > 0.98

그림 3은 태양광 발전 시 스타트업 실험파형으로 인버터가 DC전압을 제어한 뒤 태양광 발전용 컨버터가 동작한다. 그림 4는 태양광 전류 라인 레귤레이션 실험파형으로 과도상태 없이 빠르게 추종하고 있다. 그림 5는 배터리 방전 시 스타트업 실험파형으로 인버터가 DC전압을 제어한 뒤 배터리 충·방전용 컨버터가 동작한다. 그림 4는 배터리 전류 라인 레귤레이션 실험파형으로 과도상태 없이 빠르게 추종하고 있다. 그림 7은 태양광 컨버터 + 인버터 1차 시작품 측정효율로 1.7kW에서 최고 94.8%, 최대 부하에서 94.5%를 달성하였다.

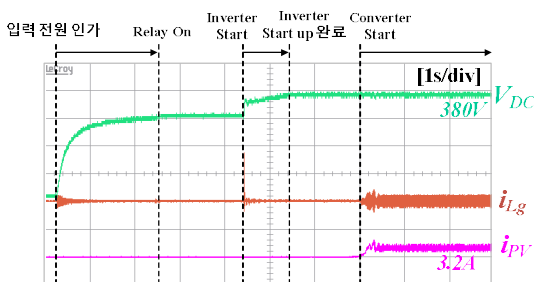


그림 3 태양광 발전 시 스타트업 실험파형

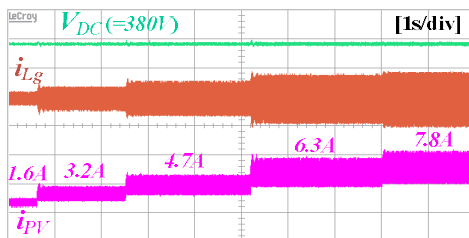


그림 4 태양광 전류 라인 레귤레이션 실험파형

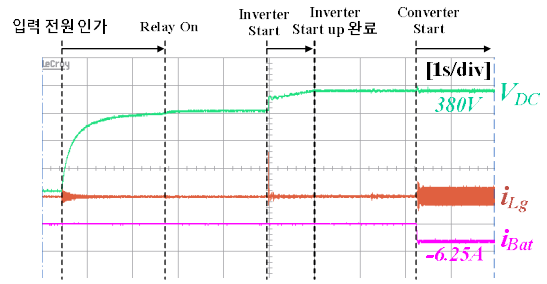


그림 5 배터리 방전 시 스타트업 실험파형

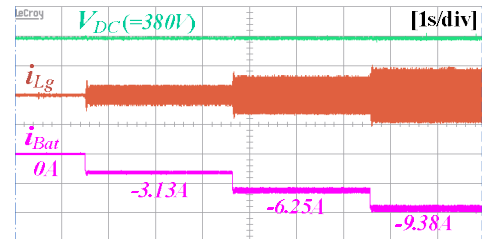


그림 6 배터리 전류 레퍼런스 레귤레이션 실험파형

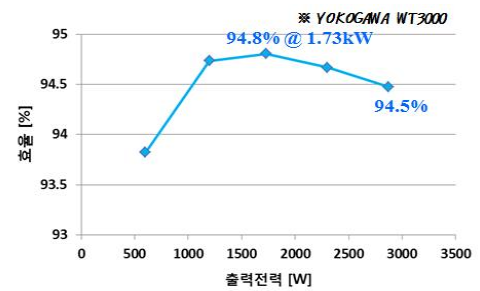


그림 7 태양광 컨버터 + 인버터 1차 시작품 측정효율

### 4. 결론

본 논문에서는 3kW급 스마트 홈에너지 서버 시스템을 제안하였다. 5가지 운전모드와 기능에 대해 설명하고 3kW급 1차 시작품을 통하여 각 모듈의 성능을 검증하였다. 향후 각 모듈 최적화 및 각종 운전기능 시험을 진행할 예정이다.

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2012년도 산학연공 동기술개발사업(No. C0007419)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

### 참고 문헌

- [1] Jung Min Kwon; Kwang Hee Nam; Bong Hwan Kwon; "Photovoltaic Power Conditioning System With Line Connection", *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 53, no. 4, pp. 1048 1054, Aug. 2006.
- [2] Kim, H .S.; Ryu, M .H.; Baek, J .W.; Jung, J .H., "High Efficiency Isolated Bidirectional AC DC Converter for a DC Distribution System," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 28, no. 4, pp. 1642 1654, Apr. 2013.