

에너지 프로슈머 구현을 위한 가정용 태양광, ESS 결합 스마트 홈 시스템 개발

이 상 학*, 윤 정 미^o

Development of PV and ESS Integrated Smart Home System for Energy Prosumer Implementation

Sang-hak Lee*, Jung-mee Yun^o

요 약

고효율 저탄소 사회로 전환을 위해서는 신재생에너지와 에너지 저장 장치의 보급 확대가 필수적이다. 가정에서 사용할 수 있는 신재생에너지는 태양광이 대표적으로 국내에서도 지자체에서 보조금을 통해 확산 사업을 진행 중이다. 하지만 태양광은 낮 시간에 발전한 전력을 밤에 사용할 수 없는 단점이 있다. 이를 극복하기 위해서는 에너지저장시스템과 함께 사용하는 방법이 대안이다. 본 연구에서는 주택에서 사용할 수 있는 태양광과 에너지저장시스템을 함께 사용하는 에너지 자립형 스마트홈 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 향후 에너지 프로슈머 사업에서도 잉여 전력을 판매할 수 있는 기반 시스템으로 활용될 수 있을 것이다.

Key Words : Smart Home, Photovoltaic, ESS, HEMS, Energy Prosumer

ABSTRACT

In order to shift to a high-efficiency low-carbon society, it is essential to expand the supply of renewable energy and energy storage system. Typical example of renewable energy at home is a solar power, and local governments are spreading it through subsidies in Korea. However, solar power

has the disadvantage that it can not use the power generated during the daytime at night. An alternative is to use it with an energy storage system to overcome this. In this study, we develop an zero energy smart home system using solar energy and energy storage system that can be used in houses. This system also can be used as an infrastructure system to sell surplus power in future energy prosumer business.

I. 서 론

일반 주택에 태양광 발전 시스템(이하 PV, Photovoltaic)을 도입하여 계통으로부터 자립도를 높이고 에너지 비용을 줄이고자 하는 노력은 계속되어 왔다. 태양광 발전 설비의 가격은 지속적으로 낮아지고 있다. 하지만 낮 시간의 발전량이 모두 사용되지 못하는 경우가 있어 보다 효율적이고 자립도를 높이기 위해서는 에너지저장시스템(이하 ESS, Energy Storage System)과 함께 사용하는 것이 바람직하다. 국내에서는 아직 가정용 ESS가 보편화되지는 못하고 있는 현실이지만 배터리 가격의 급속한 하락으로 2020년경에는 가정용 ESS의 시장이 열릴 것으로 예상되고 있다¹⁾.

본 연구에서는 미래 에너지 환경의 변화에 준비하기 위해 가정에서 사용할 수 있는 태양광과 ESS가 결합된 시스템 개발을 수행하였다. 이러한 시스템이 일반인들의 거부감 없이 사용되기 위해서는 편리한 사용자 인터페이스와 발전량, 비용절감 등이 즉각적으로 확인이 가능해야 한다. 이를 위해서 홈네트워크에 연동하기 위한 통신 시스템이 필수적이며 사용자의 개입 없이 자율적으로 운행할 수 있는 지능화된 운용 알고리즘 등이 개발되어야 한다. 본 연구에서는 가정용 태양광, ESS를 통합 운용할 수 있는 관리시스템을 개발하고 시험, 검증하였다.

본 논문의 구성은 II장에서 가정용 ESS, 태양광의 기능 정의 및 구현 내용, III장에서 시스템 운용을 위한 통신 개발 내용, IV장에서 결론 및 향후 연구방향으로 되어있다.

* 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20161220100230)

^o First Author : Korea Electronics Technology Institute, sanghaklee88@keti.re.kr, 정희원

^o Corresponding Author : Korea Electronics Technology Institute, yunjm@keti.re.kr, 정희원

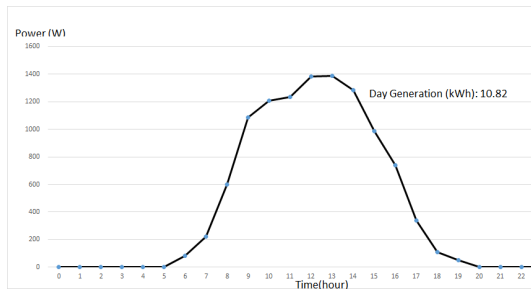
논문번호 : KICS2017-09-246, Received September 11, 2017; Revised September 18, 2017; Accepted September 18, 2017

II. 가정용 PV, ESS 개발

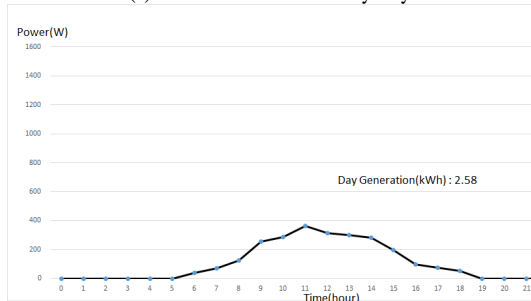
가정에 설치할 수 있는 태양광은 시중에 많이 나와 있으므로 에너지 자립도를 높이기 위해서는 대상 가정의 전력 사용량에 따라 최적 용량을 산정하여 설치하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 아직 대상 가정이 정해지지 않았으므로 최적 용량에 따라 자립도를 높이기 전에 홈네트워크로 연동하는 방법에 대해 연구하였다. 설치된 태양광 발전은 일사량 등 기상정보에 따라 예측되는 발전량에 대한 정확도를 높이는 연구가 중요하기 때문에 인버터를 통해 실시간 발전량 정보를 수집하는 프로그램 개발을 수행하였다²⁾.

향후 에너지 자립도를 높이기 위한 자율 운용 시스템 개발을 위해 인버터를 통한 실시간 발전량 정보를 수집하였다. 현재 실증에 사용된 태양광은 2kWh 규모로 일사량에 따라 발전량의 변동 폭은 두 배 정도 차이가 난다. 아래 그림 1의 그래프는 여름철(8월)에 시행된 맑은 날과 흐린 날의 발전량을 나타내는 두 경우이다.

태양광 발전량은 기상정보와 매우 밀접하며 또한 에너지 자립도에 결정적 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 기상청에서 제공하고 있는 기상정보를 Open API를 활용하여 수집하였다.



(a) PV Generation of sunny day



(b) PV Generation of cloudy day

그림 1. 태양광 발전량 비교
Fig. 1. Comparison of PV generations



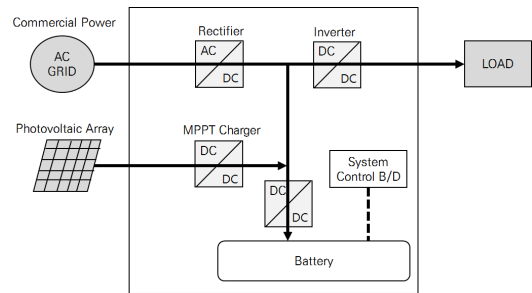
Classification	Specification
Capacity	3kWh
Dimension(cm)	355×655×838
Cell Capacity	21Ah
Cell Voltage	375V
Cell No.	54
Min Voltage	81.00V
Max Voltage	113.40V

그림 2. 가정용 ESS 시제품
Fig. 2. Home ESS Prototype

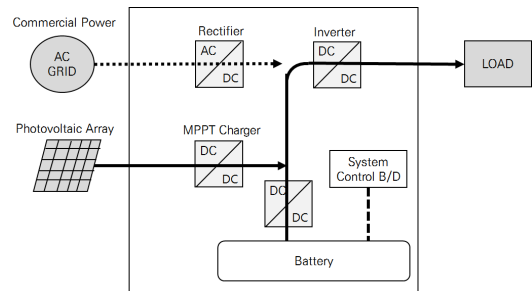
또한 태양광을 통해 발전된 전기를 저장하기 위해 ESS를 개발하였다. 국내에서는 가정용 ESS가 제품화되지 않아 연구용으로 제작하였으며 태양광과 계통에 연계되는 모델로 개발하였다. 다음 그림 2는 제작된 ESS와 기술사양이다.

ESS의 핵심 부품이라 할 수 있는 PCS(Power Conditioning System)은 기본적으로 ESS에 전력을 저장하거나 방전하는 기능을 수행한다. 또한 태양광 연동을 위해 PV 연계 충전 모드와 PV 발전 시 방전 모드를 추가 개발하였다. 아래 그림 3은 PV 연계 충전 모드와 방전 모드를 나타내는 그림이다.

본 연구에서 개발된 ESS와 PV 시스템이 일반 가정에 가전제품 수준으로 보급되기 위해서는 가격이



(a) PV Generation and ESS Charging Diagram



(b) PV Generation and ESS discharging Diagram

그림 3. ESS 동작 모드 회로도
Fig. 3. Diagram of ESS Operation Mode

낮아져야 하는 것도 있지만 사용자에게 편의성을 제공하기 위한 인터페이스가 개발되어야 한다. 다음 장에서는 홈네트워크 연동을 위한 인터페이스 개발에 대한 내용을 기술한다.

III. 통신 인터페이스 개발

가정용 ESS와 PV를 홈네트워크로 연결하기 위한 통신 인터페이스에 대한 표준은 아직 개발 중이며 시장에 지배적인 기술은 나타나고 있지 않다. 본 연구에서는 SEP(Smart Energy Profile) 2.0을 기반으로 한 통신 인터페이스 개발을 진행하였다.

SEP에 정의된 분산자원 클래스의 하부 상태 정의를 기반으로 본 연구에서 ESS 운용을 위한 함수를 정의하였다.

위에 정의된 함수들을 HTTP Method를 활용하여 개발하였다. 실제 ESS를 제어하는 화면은 아래 그림 4와 같다.

표 1. SEP 함수 리스트
Table 1. SEP Function List

Classification	Functions	Definition
Status	Battery Connection Status	0:Blocked, 1:Use
	PCS Status	0:Stop, 1:Running
	PCS Mode	0:Charging, 1:Discharging, 2:Standby
	PCS Error	0:Normal
	Inverter Overvoltage	1:
	Inverter Overcurrent	2:
	Power system Overvoltage	10:
	Power System Undervoltage	11:
	Power system frequency rising	12:
	Power system frequency rising	13:
	Power system Islanding	14:
	Inverter DC Overvoltage	15:
	Battery Overvoltage	20:
	Battery Overcurrent	21:
	Battery Undervoltage	22:
Battery Overheat	23:	
Converter Overcurrent	24:	
Data	SOC	x%

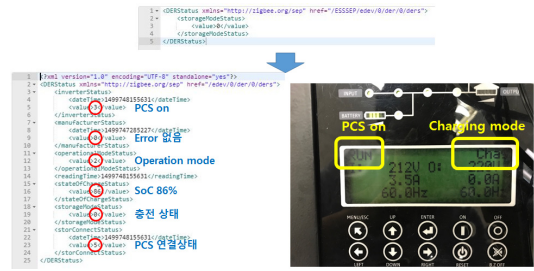


그림 4. ESS 동작 제어 코드와 화면
Fig. 4. Code and Operation View of ESS

IV. 결론

본 연구에서는 가정을 대상으로 태양광과 ESS를 도입하여 계통으로부터 독립적인 스마트홈 에너지 시스템을 개발하고자 하였다. 미래 에너지 생산과 소비는 보다 친환경적이며 효율이 높은 방향으로 발전해야 할 것이다. 아직까지 공장과 건물 등에서 사용되고 있는 ESS를 주택까지 확산하여 분산자원으로 활용한다면 신재생발전의 유용성을 대처할 수 있는 유연성을 확보할 수 있을 것이다.

그 첫 단계로 사용자가 상태 감시와 제어를 수행할 수 있는 통신 인터페이스를 개발하여 실제 동작하는 것을 확인하였으며 향후 일반 주택에 적용, 실증을 통해 에너지 자립도를 확인하고 상용화할 것이다.

References

- [1] E. S. Oh and S. Y. Son, "A framework for consumer electronics as a service (CEaaS): a case of clustered energy storage systems," *IEEE Trans. Consumer Electron.*, vol. 63, no. 2, pp. 162-168, 2017.
- [2] I. Kim and D. Kim, "Optimal capacity of shared energy storage and photovoltaic system for cooperative residential customers," *2017 ICIC*, pp. 293-297, 2017.
- [3] K. Y. Bae, H. S. Jang, D. K. Sung, E. S. Oh, and S. Y. Son, "Solar power prediction based on machine learning scheme and its error analysis," *2017 KICS Conf.*, vol. 1, pp. 13-14, 2017.