

에너지 자립형 스마트홈 구현을 위한 ESS 충방전 알고리즘 개발

이상학*, 윤정미^o

Development of ESS Control Algorithm for Self-Consumption Smart Home

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

요약

정부의 에너지전환정책에 따라 향후 신재생에너지의 확대가 예상된다. 가정 부문 역시 자가 사용 목적의 소형 태양광 발전시스템이 확산될 것이다. 하지만, 일반적인 가정의 전력 사용 패턴은 태양광 발전시간과 다른 아침과 저녁시간에 집중된다. 따라서 낮 시간에 생산된 전력을 효율적으로 사용하여 에너지자립도를 높이기 위해서는 에너지저장시스템의 도입이 필수적이다. 본 논문에서는 가정용 에너지저장시스템의 최적 충방전 제어 알고리즘에 대해 기술하였다. 실증을 위해 실제 주택에 설치된 태양광으로부터 발전 데이터를 수집하고 분석하였다. 그리고 계시별 요금제를 가정하여 제어 알고리즘의 정책을 설계하고 개발하였다.

Key Words : Charging/Discharging Algorithm, ESS, Photovoltaic, ESS, HEMS, Energy Prosumer

ABSTRACT

Renewable energy is expected to expand in accordance with the government's energy transition policy. In the home sector, small-scale photovoltaic systems for self-use will be spreaded. However, typical household power usage patterns are concentrated in the morning and evening hours, which is far from solar power generation time.

Therefore, it is necessary to introduce energy storage system in order to increase the self-consumption of energy by efficiently using the power produced during the daytime. In this paper, we describe the optimal charge/discharge control algorithms for home energy storage systems. To do this, we defined the data collected from PV and ESS, and developed a control algorithm based on Time-of-Use(TOU) electricity pricing plan.

I. 서론

태양광 발전시스템(이하 PV, Photovoltaic)과 에너지저장시스템(이하 ESS, Energy Storage System)으로 가정에서도 계통으로부터 전력 사용을 독립하고자 하는 분산발전이 이루어지고 있다. 향후 이와 같은 분산전원은 자가 사용 목적 뿐 아니라 인근지역에 전기를 판매하여 거래하는 프로슈머 자원으로 활용될 전망이다. 이를 위해 낮 시간에 발전되는 태양광을 전력 사용 패턴에 맞추어 최적 충방전을 수행하여 에너지자립도를 높이는 기술 개발을 필요로 한다¹⁾.

본 논문에서는 PV와 ESS를 결합한 스마트홈 에너지시스템을 개발하여 에너지자립도를 높이고자 하였다. 일반적 가정의 전력소비 패턴은 주로 아침과 밤 시간에 집중되지만 개별 가정마다 다르기 때문에 이를 반영한 ESS 충방전 알고리즘을 필요로 한다. 국내에서는 가정용 전기요금제가 누진제뿐이기 때문에 단순 계통으로부터 사용하는 전력총량을 저감하는 것으로 문제가 단순화될 수 있다. 하지만 향후 프로슈머 시장이 개선되고 분산전원에 대한 다양한 비즈니스 모델이 시장이 유입될 것을 가정하여 현재 국내에서 시행되고 있는 고효용 계시별 요금제를 기반으로 ESS 충방전 알고리즘을 개발하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 실증 환경에 설치된 PV로부터 데이터를 수집하는 시스템, 3장에서 ESS 충방전 알고리즘, 4장에서 결론 및 향후 연구방향으로 되어 있다.

II. PV 데이터 수집 시스템 개발

본 연구에서는 에너지자립형 스마트 홈 에너지관리

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

• First Author : (ORCID:0000-0002-3072-1525)Korea Electronics Technology Institute, sanghaklee88@keti.re.kr, 정희원

o Corresponding Author : (ORCID:0000-0001-9099-3736)Korea Electronics Technology Institute, yunjm@keti.re.kr, 정희원

논문번호 : 201807-205-C-LU, Received July 11, 2018; Revised July 16, 2018; Accepted July 16, 2018

시스템을 위한 최적 ESS 충·방전제어 알고리즘을 개발하기 위하여 실증가구를 구축하고, 데이터를 수집 및 분석 하였다. 각각의 실증가구에는 PV Inverter와 전력 미터기를 설치하여 태양광 패널의 발전 전력과 실증가구의 소비전력을 측정하고 있다.

그림 1은 PV와 연결된 PV Inverter에서 RS-485로 전달되는 PV 발전량 데이터를 HEMS Agent로 전달하는 구조를 나타낸 그림이다. HEMS Agent는 PV Inverter에 직접 접근이 불가능하기 때문에 REST Server가 설치된 Gateway를 통해 XML 형식으로 변형된 PV 발전량 데이터를 전달 받는다. 그림 2는 HEMS Agent가 PV 발전량 데이터를 얻기 위해 Gateway의 REST Server에 GET 메소드를 호출하면, Gateway는 PV Inverter와 RS-485통신을 통해 PV 발전량 데이터를 조회하고, HEMS Agent로 응답하는 흐름을 나타낸 그림이다.

실증사이트에 설치된 PV(용량: 3kW)의 일일 누적 발전량을 그래프를 보면 정상 날씨에는 20~25 KWh의 전력량을 발전한 반면 흐린 날에는 누적 발전량이 5 KWh 이하인 것을 확인할 수 있다. 이러한 발전 전력의 차이는 일조량에 의해 발생하는데, 일조량은 강수량, 운량과 반비례되는 특징이 있다. 실제로 흐린 날의 강수량과 운량을 보면 비가 많이 오고 운량도 많아서 일조량이 낮았음을 알 수 있다. 반면, 맑은 날의

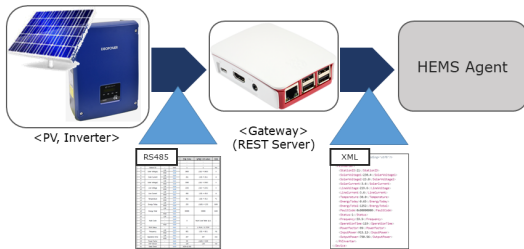


그림 1. PV Inverter, Gateway(REST Server) 연동구조
Fig. 1. Structure of PV Inverter, Gateway, and HEMS Agent

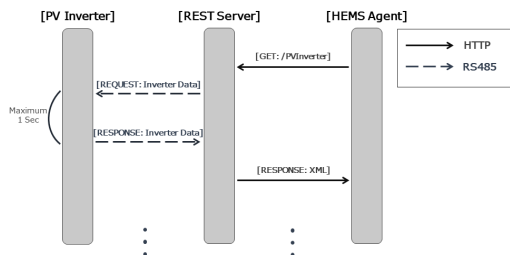


그림 2. PV Inverter, Gateway(REST Server) 데이터 흐름도
Fig. 2. Data Flow of PV Inverter and Gateway

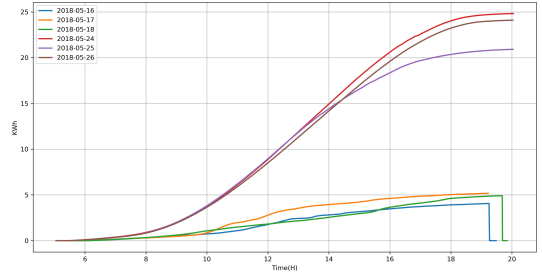


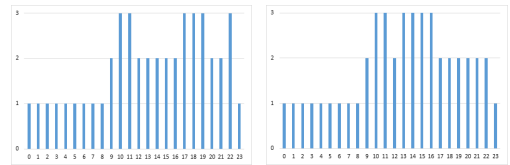
그림 3. 실증사이트 PV 일일 누적 발전량 그래프
Fig. 3. PV daily cumulative generation graph

경우에는 강수량도 없고, 운량도 낮아 일조량이 많았음을 알 수 있다.

이와 같은 발전량은 ESS 충방전의 의사결정 기준이 되는 자원으로 전력사용 패턴과 요금 등의 변수와 더불어 주요한 요인이다.

III. ESS 충방전 제어 알고리즘 개발

에너지 자립도를 판단하기 위한 기준은 전기 사용 요금의 감소율로 판단을 하고, 전기요금의 경우 한국 전력공사의 주요 전기요금제도 중 “계절별·시간대별 차등요금제”를 기준으로 하였다. 그림 4는 국내에서 시행하고 있는 고압 고객의 계절별, 시간별 요금 그래프이다.



(a) TOU for Winter (b) TOU for Spring, Summer, and Fall

그림 4. 계절별 차등요금제
Fig. 4. Time-of-Use Rate

3.1 경부하 시간대 정책

그림 5는 경부하 시간대의 ESS 충·방전제어 알고리즘의 흐름도이다. 경부하 시간대 알고리즘 정책은 다음과 같다.

- ESS의 SOC(State Of Charge)는 15%~90%가 유지되도록 충·방 제어 명령을 내린다.
- PV 발전 전력이 가구의 전력 사용량 보다 클 경우 ESS를 충전한다.
- 경부하시간 이후에 예상 PV발전량이 예상 전력 사용량보다 작을 경우 ESS를 충전시킨다.

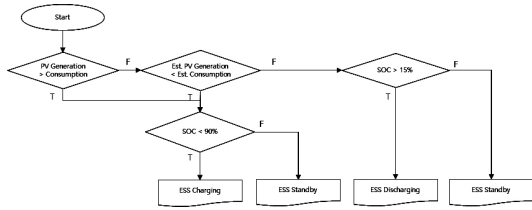


그림 5. 경부하 시간대 ESS 충·방전제어 알고리즘
Fig. 5. ESS Control Algorithm for Off-peak

3.2 중간부하 시간대 정책

그림 6은 중부하 시간대의 ESS 충·방전제어 알고리즘의 흐름도이다. 중간부하 시간대 알고리즘 정책은 다음과 같다.

- SOC(State Of Charge)는 15%~90%가 유지되도록 충·방 제어 명령을 내린다.
- 현재 남아있는 전력량으로 최고부하 시간대에 소비할 전력량을 감당할 수 있는지 확인하고, 부족하다면 충전 명령을 내린다²⁾.
- 현재 남아있는 전력량으로 중간부하, 최고부하 시간대에 소비할 전력량을 감당할 수 있는지 확인하고, 가능하다면 방전 명령을 내린다. 전력량 감당이 불가능하다면 최고부하 시간대에만 방전하기 위해 일단 대기한다.

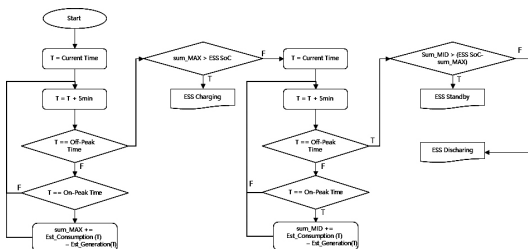


그림 6. 중간부하 시간대 ESS 충·방전제어 알고리즘
Fig. 6. ESS Control Algorithm for Mid-peak

3.3 최대부하 시간대 정책

그림 7은 최고부하 시간대의 ESS 충·방전제어 알고리즘의 흐름도이다. 최고부하 시간대 알고리즘 정책은 다음과 같다.

- SOC(State Of Charge)는 15% ~ 90%가 유지되도록 충·방 제어 명령을 내린다.
- 최대한 ESS 방전과 PV 발전을 통해서만 전력을 사용한다.

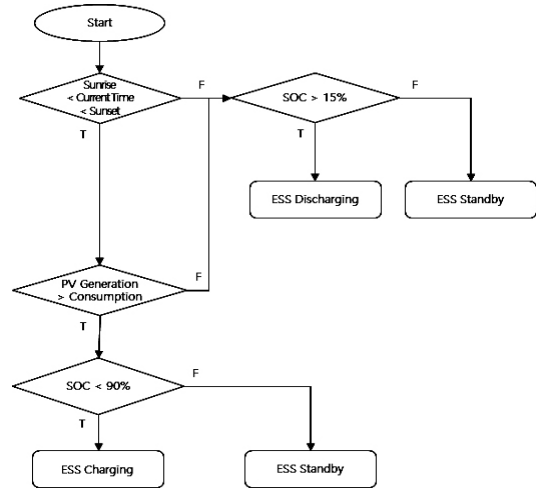


그림 7. 최고부하 시간대 ESS 충·방전제어 알고리즘
Fig. 7. ESS Control Algorithm for On-peak

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] S. H. Lee and J. M. Yun, "Development of PV, ESS integrated smart home system for energy prosumer implementation," *J. KICS*, vol. 40, no. 10, pp. 2065-2067, 2017.

[2] M. H. K. Tushar, A. W. Zeineddine, and C. Assi, "Demand-side management by regulating charging and discharging of the EV, ESS, and utilizing renewable energy," *IEEE Trans. Industrial Informatics*, vol. 14, no. 1, pp. 117-126, 2018.