

사용 후 배터리 기반 상업용 ESS 운영 방안

김승현, 김영호, 선희정, 최영준
제주대학교

Reused Battery Based ESS Operation Methods For Commercial

Seunghyun Kim, Young-Ho Kim, Heejeong Seon, Yeong-Jun Choi
Jeju National University

ABSTRACT

본 논문은 사용 후 배터리 기반 ESS를 활용하여 사업장의 전력 수요를 효율적으로 관리하기 위한 운영 방안을 제안한다. PSCAD/EMTDC를 활용하여 사용 후 배터리, PCS 및 계통을 모델링하고 부하이동, 피크저감, 수요반응(DR) 및 플러스 DR 제어 알고리즘을 구현하여 운영 시나리오별로 검증한다.

1. 서 론

최근 기후변화에 따른 환경 관련 규제가 세계의 산업지형을 급속히 바꾸고 있다. 유럽연합에서는 2035년부터 새로 팔리는 승용차는 화석연료를 쓰지 않는 전기차로 대체하고, 미국은 2032년까지 신차 판매량의 67%를 전기차로 규제하겠다는 정책을 내놓고 있기 때문에^[1], 전기차 보급 및 연구가 급증하고 있다. 2022년 전 세계 전기차 판매량은 802만대(전년 대비 68% 성장)이며, 완성차 전체 판매량의 9.9%를 차지했다. 국내에 경우 약 16만대(전년 대비 61.2%) 전기차를 판매하였다^[2]. 이에 따른 전기차 사용 후 배터리 발생량도 급증하여 2030년 59GWh, 2040년 883GWh가 발생할 것으로 전망된다^[3].

전기차 배터리의 기능적인 수명은 충전 능력이 80% 이하가 되는 시점이지만^[4], 사용자 주행 및 충전 습관, 주변 환경 등에 따라 실제 배터리 수명이 단축될 수도 있기 때문에 배터리 발생량이 더욱 증가할 수도 있다. 이러한 사용 후 배터리는 폐기하지 않고 잔존가치를 평가하여 재사용(Reuse) 및 재활용(Recycle)을 한다. 한국환경공단 내부 규정에 의해 사용 후 배터리 SOH(State of Health, 잔존수명)에 따라 60% 이상은 재사용, 60% 이하는 재활용으로 구분한다. 재사용은 주로 ESS(Energy Storage System)로 활용하고, 재활용은 배터리 팩에 함유된 희소 금속을 추출하여 배터리로 재제조한다.

ESS 비즈니스 모델은 크게 전력망용과 상업용으로 구분된다. 전력망 ESS의 대표적인 비즈니스 모델인 재생에너지 연계 ESS는 REC(Renewable Energy Certificate, 공급인증서) 가중치로 수익을 확보하였지만, 정부에서 태양광 및 풍력 연계 ESS의 REC의 가중치를 0으로 낮추었기 때문에 수익 감소하였다. 상업용 ESS 또한 전기요금 특별할인 정책이 일몰 예정으로 수익이 감소하여 전반적인 배터리를 사용한 비즈니스 모델의 경제성 확보가 어렵다. 그래서 실패 대비 원가가 저렴한 사용 후 배터리를 재사용하여 배터리 기반 비즈니스 모델의 경제성 확보가 필요하다.

10차 전력기본수급계획에 따른 재생에너지 확대 보급으로 인하여 재생에너지 출력제어 및 출력 변동성이 증가하기 때문에 이를 활용하여 상업용 ESS 효과를 극대화할 수 있다.

기본적으로 상업용 ESS는 사업장의 전기요금 절감이 목적이기 때문에 부하이동, 피크저감 운영을 한다. 추가적으로 재생에너지 출력을 활용한 DR과 플러스 DR을 적용하여 종합적으로 운영하면 경제성을 확보할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 사용 후 배터리 모델링 기반으로 하여 상업용 ESS 운영 방안을 제안한다. 운영 방안 도출은 전기 계약종별 요금제를 분석하고 요금제별로 부하이동, 피크저감, DR 및 플러스 DR을 적용하여 계통 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC로 계통 안정도를 검증한다.

2. 상업용 ESS 운영 방안 도출

상업용 ESS 운영 방안은 그림 1 프로세스와 같다. 전기 계약종별과 전력사용량 데이터 분석을 통하여 적용 가능한 ESS Application을 선정하고, ESS 용량 및 설비 사양을 선정한다. ESS 용량 및 설비 사양, 전력사용량 데이터 등을 모델링하여 운영 시나리오별 시뮬레이션을 통하여 최적 운영 방안을 도출한다.

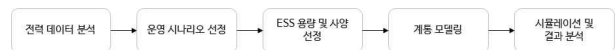


그림 1 ESS 운영 방안 도출 프로세스

Fig. 1 ESS operation plan derivation process

2.1 전력 데이터 분석

계약종별은 상업용은 크게 농사용과 산업용으로 구분되므로, 본 논문에서는 제주도 내 축산사육장 2개소를 선정하여 전기 계약종별과 전력사용량 및 최대수요전력을 분석한다. 농사용에 경우 시간대별 요금이 같고, 산업용은 시간대별 요금이 다르기 때문에 부하이동 적용 여부를 판단할 수 있다. 계약종별 및 전력 데이터는 표 1과 같다.

표 1 축산 사업장 정보

Table 1 Livestock farm information

구분	계약종별	계약전력 (kW)	요금적용전력 (kW)
사육장	농업용(을)고압A	950	700
공판장	산업용(을)고압A 선택II	5,200	2,034

사육장 및 공판장 전력사용 패턴을 분석한 결과 부하이동, 피크저감, DR 및 플러스 DR 전부 적용이 가능하다. 하지만 사육장의 경우 계약종별이 농사용으로 부하이동을 적용하기 어렵다.

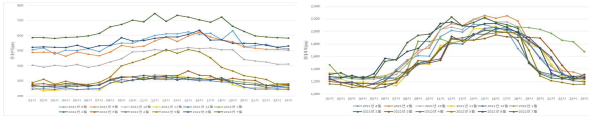


그림 2 사육장 및 공판장 전력사용 패턴
Fig. 2 Power usage pattern in livestock farms and market

2.2 운영 시나리오 선정

상업용 ESS 운영 시나리오는 계약종별에 따른 선정된다. 부하이동은 시간대별 전기요금 단가가 다른 상업용 계약종별에 적용할 수 있으며, DR 및 플러스 DR은 사업장 전력사용 패턴과 기저부하에 따라 적용여부를 판단할 수 있다. 농사용 및 상업용에 적용 가능한 운영 시나리오는 표 2와 같다.

표 2 전기 계약종별 ESS 운영 시나리오
Table 2 ESS operation scenarios by electricity contract type

시나리오	계약종별	부하이동	피크저감	DR	플러스 DR
1	농사용	X	X	O	O
2	농사용	X	O	O	O
3	상업용	O	O	X	X
4	상업용	O	O	O	O

2.3 ESS 용량 및 사양 선정

ESS 용량 및 사양은 적용 사업장에 따른 경제성 분석에 의해서 선정되며, DR 및 플러스 DR 등록 가능 용량은 사업장 전력사용량 및 기저부하에 따라 선정이 된다. 본 논문에서는 이와 같은 절차는 생략하고, 실 구축 및 구축예정인 사업장의 데이터 기반으로 선정하였다.

표 3 분석 조건
Table 3 Analysis condition

구분	운영 기간 (년)	ESS 사양				태양광 용량 (kW)	피크 저감 (kW)	DR 용량 (kW)	플러스 DR 용량 (kW)
		모델	용량 (kWh)	SOH (%)	SOC 범위 (%)				
사육장	10	SM3	150	80	80	40	35	100	135
공판장	10	SM3	200	80	80	40	30	450	180

2.4 계통 및 ESS 모델링 및 시뮬레이션 결과

분석 조건에 따른 운영 시나리오 검증에 위해서 PSCAD/EMTDC를 활용하여 ESS, 태양광 및 사업장을 모델링하여 전력계통을 분석하였다. 시뮬레이션은 적용 효과를 최대 하기 위해서 플러스 DR 시 ESS 충전, DR 시 ESS 방전하는 운영 방식으로 적용하였다.

2.4.1 사육장 시뮬레이션 결과

사육장 계약종별은 농사용으로 시나리오 1, 2를 적용하여 분석하였다. 농사용의 경우 기본적으로 DR과 플러스 DR을 적용할 수 있지만, 전력사용 패턴에 따라 피크저감도 적용하면 ESS 적용효과를 극대화 할 수 있으며, 사업장 전력계통에도 영향이 없음을 확인할 수 있다.

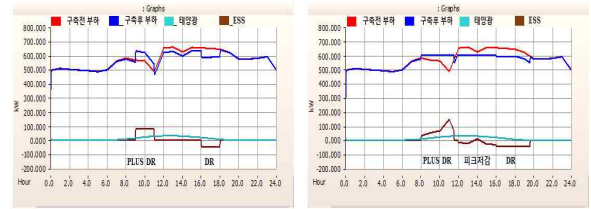


그림 3 사육장 운영 시나리오 1 and 2
Fig. 3 Livestock farm operation scenario 1 and 2

공판장 계약종별은 상업용으로 시나리오 3, 4를 적용하여 분석하였다. 상업용의 경우 기본적으로 피크저감과 부하이동을 있지만, DR 과 플러스 DR을 적용하면 ESS 적용효과를 극대화 할 수 있으며, 사업장 전력계통에도 영향이 없음을 확인할 수 있다.

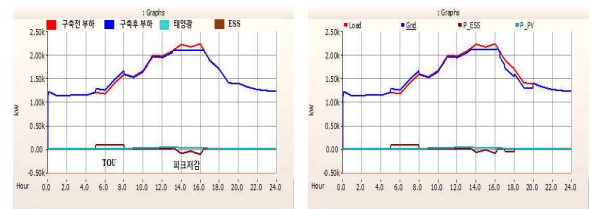


그림 4 공판장 운영 시나리오 1 and 2
Fig. 4 Auction market operation scenario 1 and 2

4. 결론

본 논문에서는 전기차 사용 후 배터리를 재사용한 상업용 ESS 최적 운영방안을 제안하였다. 상업용 ESS 설치 목적은 사업장의 전기요금을 절감하는 것으로, 상업용 전기 계약종별인 산업용과 농사용에 대해서 계통 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC로 사업장 계통을 모의하여 운영 시나리오를 검증하였다. 계약종별 최대효과를 얻기 위해서 DR과 플러스 DR을 동시 적용하였으며, 시뮬레이션 결과 운영 시나리오2를 적용 시에도 전력 계통 운영상의 지장이 없음을 확인하였다. 제안된 운영 방안은 전기차 사용 후 배터리 재사용 ESS 산업에 기여할 수 있을 것이다.

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “전기차 통합유지보수 기반구축사업”의 지원을 받아 수행된 연구결과임(과제번호 : P0013681, 과제명 : 전기차 통합유지보수 플랫폼 기술개발)

참 고 문 헌

- [1] United States Congress, "Inflation Reduction Act", 2022.
- [2] KATECH, "Analyzing global EV sales in 2022", 2023.
- [3] SNE Research, "Recycling/Reuse Market Forecasts(~2040)", 2022.
- [4] KDB미래 전략 연구소 산업기술리치센터, "국내 전기차 사용 후 배터리 산업 현황과 의미", 2022.