

# 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 타당성평가에 관한 연구

김경화\*, 진태환\*, 이인준\*, 조경철\*  
\*한국섬유기계융합연구원 에너지DX연구부  
e-mail:khkim@kotmi.re.kr

## A Study on the Economic Evaluation of Peak Shaving ESS using Re-use Battery

Kyung-Hwa Kim\*, Tae-Hwan Jin\*, In-Jun Lee\*, Kyung-Chul Jo\*  
\*Energy DX Research Center, Korea Textile Machinery Convergence Research  
Institute

### 요 약

최근, 세계적으로 전기차 보급이 급속히 확대되면서 폐배터리 발생량이 급증하고 있으며, 이에 따른 자원 회수와 환경 보호의 필요성이 높아지고 있다. 이에 따라, 사용후 배터리를 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 재사용 배터리의 타당성 및 안전성에 대한 연구가 필요한 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 재사용 배터리의 도입에 대한 타당성을 평가하기 위하여, 비용 요소, 편익요소 등으로 구성된 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 경제성평가 모델링을 수행한다. 여기서, 비용요소는 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 설치비용과 운용비용으로 구성되고, 편익요소는 자가소비형 ESS의 계약요금 절감 및 전력량 요금 절감으로 이루어진다. 이 모델링을 바탕으로 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 타당성을 분석한 결과, 배터리 재사용에 따른 비용절감이 적절히 이루어져야 경제성을 확보할 수 있음을 알 수 있다.

## 1. 서 론

최근, 세계적으로 전기차 보급이 급속히 확대되면서 폐배터리 발생량이 급증하고 있으며, 이에 따른 자원 회수와 환경 보호의 필요성이 높아지고 있다. 전기차에 사용되는 배터리는 차량 사용 수명이 끝나도 70~80%의 에너지 용량을 유지하고 있어 다양한 용도로 재사용이 가능하며, 특히, 에너지저장장치(ESS), 통신 기지국, 비상 전력 시스템 등의 분야에서 활용 가능성이 높게 평가되고 있다. 배터리 재사용 관련 기술과 정책은 각국에서 활발히 개발되고 있으며, 이러한 재사용 배터리의 타당성 및 안전성에 대한 연구가 필요한 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 재사용 배터리의 도입에 대한 타당성을 평가하기 위하여, 비용요소, 편익요소 등으로 구성된 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 경제성평가 모델링을 수행한다. 여기서, 비용요소는 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 설치비용과 운용비용으로 구성되고, 편익요소는 자가소비형 ESS의 계약요금 절감 및 전력량요금 절감으로 이루어진다. 이 모델링을 바탕으로 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 타당성을 분석한 결과, 배터리 재사용에 따른 비용절감이 적절히 이루어져야 경제성을 확보할 수 있음을 알 수 있다.

## 2. 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 타당성평가 모델링

### 2.1 비용요소

#### 2.1.1 설치비용

설치비용은 재사용 배터리 기반 ESS의 도입에 필요한 비용으로써, 식 (1)과 같이, PCS와 재사용 배터리 시스템의 설치 비용에 대하여 kW 및 kWh 용량에 설치 단가를 곱하고, 재사용 배터리 사용에 따른 설치비용 절감을 일정 비율로 반영하여 산정한다.

$$C_{ESS} = C_{PCS} \cdot Q_{PCS} + C_{batt} \cdot Q_{batt} \cdot r_{reuse} \quad (1)$$

여기서,  $C_{ESS}$ : ESS의 총 건설비용(원),  $C_{PCS}$ : PCS의 설치 단가(원/kW),  $Q_{PCS}$ : PCS의 용량(kW),  $C_{batt}$ : 배터리의 설치 단가(원/kWh),  $Q_{batt}$ : 배터리의 용량(kWh),  $r_{reuse}$ : 재사용 배터리의 설치단가 절감 비율

#### 2.1.2 운용비용

운용비용은 ESS를 운용 및 유지보수에 필요한 비용으로써, 식 (2)와 같이, 식 (1)의 설치비용에 일정한 비율을 곱하여 산정한다.

$$C_{op} = \sum_{i=1}^n C_{con}(i) \cdot r_{op} \quad (2)$$

여기서,  $C_{op}$  : 총 운용비용(원),  $r_{op}$  : 적용률(%),  $n$ : 경제성 평가년도

## 2.2 편익요소

### 2.2.1 계약요금 절감

계약요금 절감은 자가소비형 ESS의 피크저감을 통해 수용가의 계약요금을 감소시켜 발생하는 편익으로, 식 (3)과 같이, 기존의 계약요금과 자가소비형 ESS의 도입 이후 계약요금의 차이에 계약요금 단가를 곱하여 산정한다.

$$B_{kW} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{kW}(i,j) \cdot P_{peak} \quad (3)$$

여기서,  $B_{peak}$ : 피크저감으로 인한 편익(won),  $C_{kW}(i,j)$ : 계약 전력요금(won/kW),  $P_{peak}$ : ESS로 피크저감하는 전력(kW)

### 2.2.2 전력량요금 절감

전력량요금 절감은 자가소비형 ESS를 비교적 전력량요금이 낮은 경부하 시간대에 충전시키고, 요금이 높은 중부하 시간대에 방전시킴으로써 발생하는 차액으로, 식 (4)와 같이, 자가소비형 ESS의 용량에 중부하 시간대와 경부하 시간대의 전력량요금의 차액을 곱하여 산정한다.

$$B_{kWh} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (C_{peak}(i,j) - C_{off-peak}(i,j)) \cdot Q_{ESS} \quad (4)$$

여기서,  $B_{kWh}$ : 피크저감으로 인한 편익(won),  $C_{peak}(i,j)$ : 최대부하시 전력량요금(won/kWh),  $C_{off-peak}(i,j)$ : 경부하시 전력량요금(won/kWh)

## 2.3 현재가치 환산법

타당성평가에 사용되는 비용 및 편익요소는 미래에 발생하는 가치로써, 식 (5)와 같이 비용 및 편익요소를 현재 가치로 환산하여 타당성을 평가한다.

$$C_{pw} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{flow}(i)}{(1+d)^i} \quad (5)$$

여기서,  $C_{pw}$ : 현재가치로 환산된 금액(원),  $C_{flow}(i)$ :  $i$ 년도의 현금흐름(원),  $d$ : 할인율(%),  $i$ : 경제성평가 대상 년도

## 3. 시뮬레이션 결과 및 분석

### 3.1 시뮬레이션 조건

재사용 배터리를 이용한 자가소비형 ESS의 타당성을 평가하기 위하여, 본 논문에서는 표 1과 같이 타당성평가 조건을 상정한다. 여기서, 타당성 평가기간은 20년으로 원금 균등 상환방식을 적용하고, 현재가치 환산법에 필요한 할인율과 물가 상승률은 각각 5.5[%]와 3[%]로 상정한다. 또한, 본 논문에서는 재사용 배터리의 가격 절감 비율에 따라 표 2와 같이 타당성평가 시나리오를 상정한다.

[표 1] 타당성평가 조건

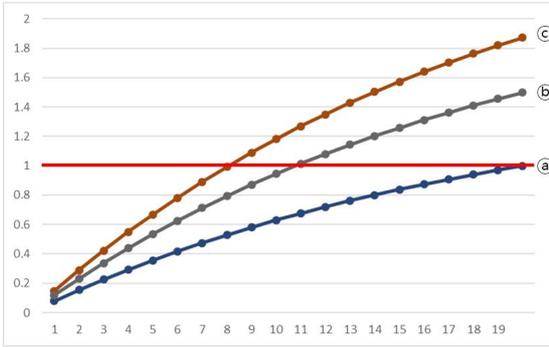
항 목	내 용	
경제성 평가기간	20년	
운영비	2.5%	
할인율	5.5%	
물가상승률	3%	
비용 상환방식	원금 균등 상환	
ESS	용량	100/300(kW/kWh)
	PCS 설치비용	60(천원/kWh)
	ESS 설치비용	400(천원/kWh)

[표 2] 타당성평가 시나리오

시나리오	재사용 배터리 설치비용 절감비율
Case 1	80%
Case 2	75%
Case 3	70%

### 3.2 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 타당성 평가

상기에서 제시한 모델링 및 시뮬레이션 조건을 바탕으로 재사용 배터리 이용에 따른 설치비용 절감율에 따라 자가소비형 ESS의 타당성을 평가하면 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, ㉠, ㉡와 ㉢ 곡선은 각각 Case 1, Case 2와 Case 3의 경우를 나타낸다. 이 그림에서와 같이, Case 1의 경우, 20년에서의 B/C ratio는 99.88%로 경제성을 확보하기 어려움을 알 수 있다. 그러나, Case 2와 Case 3의 경우, 각각 11년, 8년에 투자비용을 회수하고 경제성을 확보할 수 있음을 알 수 있다. 따라서, 재사용 배터리를 이용하여 자가소비형 ESS를 구성하는 경우, 설치비용을 적절하게 선정해야 함을 알 수 있다.



[그림 1] 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 타당성평가

#### 4. 결 론

본 논문에서는 재사용 배터리의 도입에 대한 타당성을 평가하기 위하여, 비용요소, 편익요소 등으로 구성된 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 경제성평가 모델링을 수행한다. 여기서, 비용요소는 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 설치비용과 운용비용으로 구성되고, 편익요소는 자가소비형 ESS의 계약요금 절감 및 전력량요금 절감으로 이루어진다. 이 모델링을 바탕으로 재사용 배터리 기반 자가소비형 ESS의 타당성을 분석한 결과, 배터리 재사용에 따른 비용절감이 적절히 이루어져야 경제성을 확보할 수 있음을 알 수 있다.

#### 감사의글

This work was supported by the Technology Innovation Program (20032134) through the Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology(KEIT) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea)

#### 참고문헌

- [1] 이예빈, 김지명, 이중선, 이나경, 노대석, “피크 저감용 ESS의 화재예방 설비를 고려한 경제성 평가에 관한 연구”, 한국산학기술학회 춘계 학술대회 논문집, pp. 237-240, 2024. 05.