

리튬이온 배터리를 이용한 에너지저장장치 시스템의 잠재수익 산출 기법

원일권, 김도윤, 장영희, 추경민, 홍성우, 원충연
성균관대학교

Potential Revenue Prediction Method of ESS using Lithium-ion Battery

Il-Kuen Won, Do-Yun Kim, Young-Hee Jang, Kyung-min Choo, Sung-woo Hong,
Chung-Yuen Won.
Sungkyunkwan University

ABSTRACT

Recently, the mass production of Energy storage system (ESS) is actively perform around world. Energy storage system is a technique that stores power to energy storage device to supply energy into grid and load at peak-load. Therefore, the efficient energy management is available by using ESS system. The life of Lithium-ion battery is varied corresponding to the power usage, especially selected depth of discharge (DOD). The lifetime of battery is the one of the most issue of the ESS system because of its stability and reliability. Therefore, lifetime management of battery and power converter of ESS module is required. In this paper, the battery lifetime management method estimating residual power and lifetime of lithium ion battery of ESS system is proposed. Also, total avenue prediction of ESS system is simulated considering the total lifetime of battery.

1. 서론

에너지저장장치는 경부하에 계통으로 전력으로부터 배터리를 충전하고 피크부하에 계통으로 배터리를 방전함으로써 부하평준화를 도모함에 따른 부하평준화를 이룰 수 있다. 또한 최적은 충전 시간과 방전시간을 선택적으로 집중하여 충방전을 수행하면 충방전에 따른 전기요금 차익은 사용자에게 수익이 된다.

그림1은 ESS의 일반적인 구성을 보여준다, 시스템은 배터리 충방전을 위한 DC/DC 컨버터와 계통전원 변환을 위한 AC/DC 컨버터로 구성된다. 에너지저장장치는 배터리를 통한 충방전으로 효율적인 에너지 운용이 가능하다. 따라서 충방전 가능한 2차전지가 필수적으로 필요하다. 다양한 2차 전지 중, 단위 부피당 에너지 효율이 가장 높은 리튬이온 배터리가 일반적으로 사용된다. 에너지저장장치를 구성할 시 배터리의 수명은 유지 및 보수를 고려할 시 중요한 이슈이다. 안정적인 배터리의 전력 공급 및 동작을 위하여 배터리 수명에 대한 정의는 필수적이다.

또한 배터리의 수명을 정의할 수 있다면, 해당 배터리를 사용하는 에너지저장장치의 동작 및 운용에 따른 잠재적인 수익

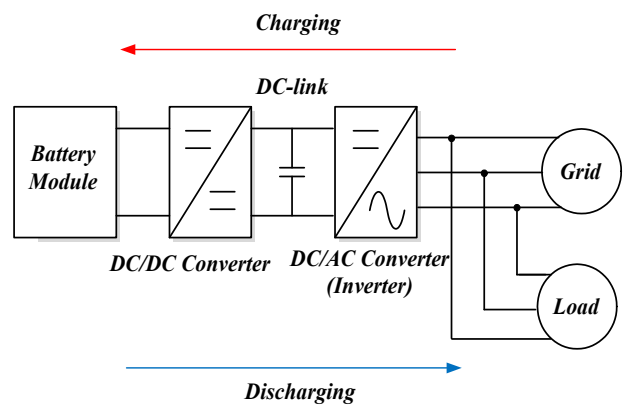


그림 2.에너지저장장치의 구성
Fig.1. The configuration of Energy storage system

을 예측할 수 있는 강점을 가지게 된다. 리튬이온 배터리의 사이클과 배터리의 수명동안 총 운용할수 있는 에너지의 양은 DOD에 따라 달라진다. 따라서 DOD를 고정변수로 제어한다면 배터리의 수명 및 에너지저장장치의 운용에 따른 잠재적인 수익을 추산할 수 있다.

2. 리튬이온 배터리의 수명산출

그림2는 DOD에 따른 리튬이온 배터리의 사이클을 보여준다. DOD는 사용자가 설정한 배터리 방전심도를 정의한다. 일반적으로 배터리의 DOD를 높게 설정할수록 배터리의 사이클은 작아지지만 배터리의 특성 및 사양에 따라 높은 DOD에서 사이클이 증가하는 경우도 있다. 사이클은 배터리의 SOC 100%로부터 해당 방전심도까지 1회 충방전을 수행함으로 정의한다.

그림3은 그림2의 데이터를 사용한 배터리의 수명동안 운용가능한 총 에너지의 양을 나타낸다. 총 에너지량은 수식(1)로서 계산가능하다. 배터리의 충방전을 고려해 2를 곱하며 효율은 본 논문에서는 무시하였다.

$$\begin{aligned} \text{Total Transferable energy} &= \text{Cycle}(D) \times 2 \times D \times \text{배터리 용량} \times \text{efficiency}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

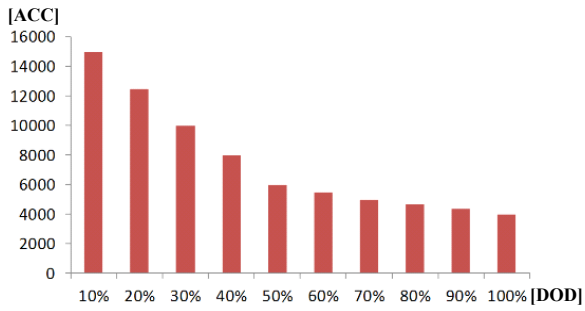


그림 3. DOD에 따른 리튬이온 배터리의 사이클
Fig.2 The cycle of lithium-ion battery considering the DOD



그림 4. 해당 DOD에 따른 총 운용가능 에너지량
Fig.3 Total transferable energy considering the DOD

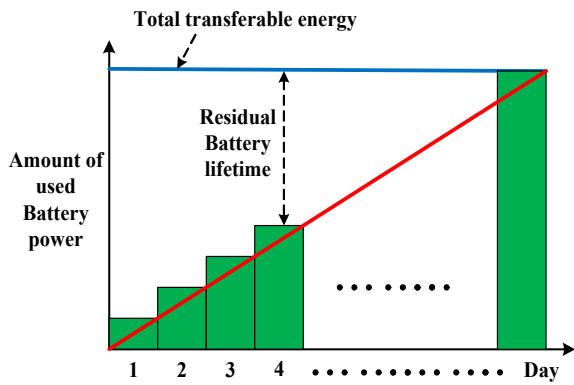


그림 5. 배터리 수명산출 도식화
Fig 4. Schematic of residual battery lifetime

이때 배터리의 용량은 24kWh로 계산하였고, DOD가 100일 때 가장 배터리의 운용가능한 에너지의 양이 큰 것을 알 수 있다. 해당 DOD에서의 총운용가능 에너지와 스케줄링된 하루 충전정 패턴이 존재한다면 사용한 배터리의 에너지는 수식(2)를 통해 알 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Used battery Power} \\ = 2 \times \text{DOD} \times \text{배터리 용량} \times \text{day} \end{aligned} \quad (2)$$

따라서, 일별 스케줄링된 배터리 충전전 제어가 고정 DOD

로서 수행되어야 한다. 이에 따라 배터리 잔존수명은 수식(3)을 통해 산출가능하다.

$$\begin{aligned} \text{배터리 수명} &= \frac{\text{Total transferable energy}}{\text{Used battery power}} \\ &\cong \frac{\text{Cycle}(D) \times 2 \times \text{DOD} \times \text{배터리 용량}}{2 \times \text{DOD} \times \text{배터리 용량} \times \text{day}} \end{aligned} \quad (3)$$

이때 배터리의 설정된 DOD에 따라 하루 1회 충방전을 수행한다고 가정하면 배터리의 연간수명이 산출가능하다. 따라서 스케줄링된 배터리 충전전이 수행되어야한다.

3. 시뮬레이션

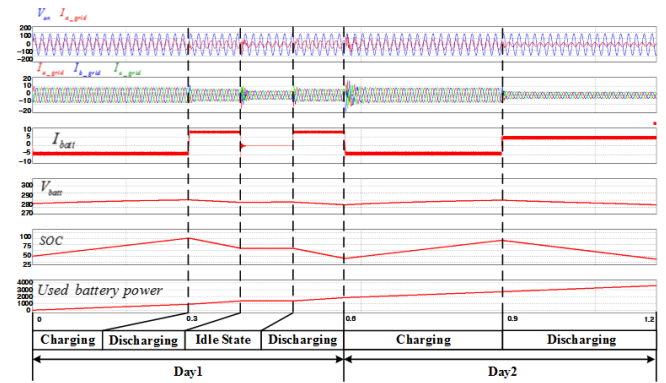


그림 6. 배터리 충전전 운용(DOD 50)
Fig 5. The waveforms of battery lifetime management at DOD50

그림 5는 제한한 배터리 운용과형을 보여준다. 이때 DOD는 50으로 선정하였다. 하루에 1사이클 동작을 모사하기위해 1시간이 0.3초로 선정되었다. 배터리의 충전전 동작에 따라 사용한 배터리 용량이 누적되며 해당 배터리 누적용량을 통해 배터리 잔존수명을 예측할 수 있다.

4. 결론

본 논문은 리튬이온 배터리를 이용한 에너지저장장치 시스템의 잠재수익 산출 기법이 제안되었다. 리튬이온 배터리의 사이클 및 전체 운용가능한 에너지의 양은 DOD에 따라 결정되며 DOD를 고정 제어함에 따라 배터리의 수명을 예측할 수 있다. 배터리의 잔존수명을 배터리의 에너지로 산출함에 따라 사용자는 충전전 스케줄링에 따른 최적의 DOD를 선정하여 수익을 산정할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2014R1A2A2A05006744)

참고 문헌

[1] Sekyung Han, Soohee Han, Hirohisa Aki, "A practical battery wear model for electric vehicle charging applications," Applied Energy, VOL. 113, PP. 110-1108, Jan. 2014