

EV용 충전 인프라 구축을 위한 BESS 용량 산정

이은주, 최규영, 김동희, 이병국
성균관대학교 정보통신공학부

The Capacity Estimation of the BESS for EV Charging Infrastructure

Eun Ju Lee, Gyu Yeong Choe, Dong Hee Kim, Byoung Kuk Lee
School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

ABSTRACT

본 논문에서는 EV (Electric Vehicle)용 충전 인프라 구축을 위한 BESS (Battery Energy Storage System)의 용량을 산정한다. 이를 위해 실제 대형마트의 데이터를 이용하여 EV용 충전 인프라가 구축될 경우의 추가수요전력량을 산출하고 현재의 전력수급량을 바탕으로 EV 보급시의 최대수요전력량을 예측한다. 이들을 계약전력과 비교하여 필요전력량을 분석하고 이를 바탕으로 충전 인프라에 이용되는 BESS의 용량을 산정한다.

1. 서론

최근 환경문제의 해결책 중 하나인 친환경 그린카에 대한 개발과 보급이 활발해지고 있다. 그 중 EV는 연료효율과 환경성이 우수하여 미래 보급 잠재력이 매우 크지만, 배터리만을 동력원으로 하므로 1회 충전 후 주행거리의 한계가 있다^[1]. 이에 정부는 원활한 EV의 보급을 위한 충전 인프라 구축을 위해 전국 단위 충전 인프라 구축 로드맵을 수립하여 2020년까지 공공시설과 대형마트 등의 충전기 설치를 적극 지원 할 예정이다^[2]. 충전 인프라의 수요전력량은 다수의 EV가 동시에 충전을 할 경우 전력망 불안정의 요인이 될 수 있으며 특히, 우선적으로 충전 인프라가 구축될 것으로 보이는 대형마트의 경우 기존설비만으로는 추가적인 수요전력을 감당할 수 없을 것으로 예상된다.

BESS의 설치 비용 및 시간적 측면에서 배전설비의 증설에 비해 충전 인프라 구축시의 전력수급을 안정화하는 탄력적인 대응방안이 될 수 있으며, 부족한 전력을 보상하면서도 공간과 비용의 낭비가 없는 효율적인 BESS의 설치를 위해서 용량 산정은 필수적이다. 이에 본 논문에서는 수원시의 매장면적 4000여평인 한 대형마트의 실제 주차시설의 차량입고 현황을 분석하여 충전 인프라 구축시 추가로 발생할 수요전력량을 예측하고, 현재 전력수급 데이터를 분석하여 얻은 최대수요전력량과 계약전력의 비교분석으로 필요전력량을 산출하였다. 이를 토대로 충전 인프라의 구축을 위한 BESS의 용량을 산정하였다.

2. 본론

2.1 충전 인프라 구축시 발생하는 추가수요전력량

충전 인프라의 구축시 발생할 추가적인 수요전력량의 예측을 위해 먼저, 대상 대형마트의 주차시설의 차량입고 현황 데이터

와 EV의 시장보급률을 분석하여 주차시설에 입고되는 EV의 수량을 예상하였다. 예상된 EV의 수량과 충전 인프라의 용량의 곱으로 충전 인프라 구축시의 추가수요전력량을 산정하였다.

2.1.1 주차시설의 차량 입고현황의 분석

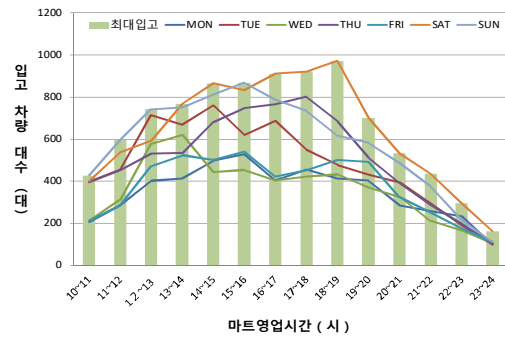


그림 1 대형 마트의 실제 차량 입고 현황
Fig. 1 Entered vehicle situation of the discount store

그림 1에서 보는 바와 같이 입고되는 차량의 수는 평일에 비하여 주말에 급증하며, 14시부터 19시 사이에 800대 이상의 차량 입고가 발생한다. 따라서 주말의 14시~19시의 입고량을 최대입고량으로 고려할 수 있다.

2.1.2 EV의 시장 보급 전망

세계 EV시장은 2020년경에는 166만대에 이르러 전체 자동차 시장의 19%에 이르는 점유율을 차지할 것으로 예측되고 있으며 우리나라의 경우에도 정부는 2020년 국내 승용차 시장의 20%를 전기차로 대체할 계획을 발표하였다^{[2],[3]}. 이에 따라 앞으로 EV의 보급률이 19~20%가 될 것으로 예상 할 수 있으며 본 논문에서는 19.5%로 고려하여 추가수요전력량을 예측하였다.

2.1.3 충전 인프라에서의 추가수요전력량의 예측

식(1)은 P_{add} (추가수요전력량)의 예측을 위한 수식이다. A_{max} 는 산정한 최대입고량, α 는 EV의 보급률, d 는 충전기의 용량, ψ 는 충전기의 효율을 나타낸다.

$$P_{add} = (A_{max} \times \frac{\alpha}{100}) \times (d \times \frac{100}{\psi}) \quad (1)$$

표 1에 추가수요전력량을 예상하기 위한 파라미터를 나타내

었다. 앞서 분석한 차량입고 현황에서의 최대입고수는 972대였으나 이는 한시적인 수치이므로 입고차량이 800대가 넘는 때의 수치의 평균값으로 최대입고량을 산정하였다. 대형마트의 주차 시설에 설치되는 완속 충전기의 용량은 아직 표준화 기준이 없다. 수요전력이 최대가 되는 경우를 고려하기 위해 용량을 6.6[kW], 효율을 90%인 경우로 가정하였다⁴⁴. 그 결과 EV 보급으로 인한 추가수요전력량은 1,297.58[kW]로 산출되었다.

표 1 추가수요전력량의 산정을 위한 parameter와 그 결과값
Table 1 Parameter for added demand electric power and result

A_{max} [대]	α [%]	d [kW]	ψ [%]	P_{add} [kW]
907.4	19.5	6.6	90	1,297.58

2.2 EV보급시의 최대수요전력량의 예상

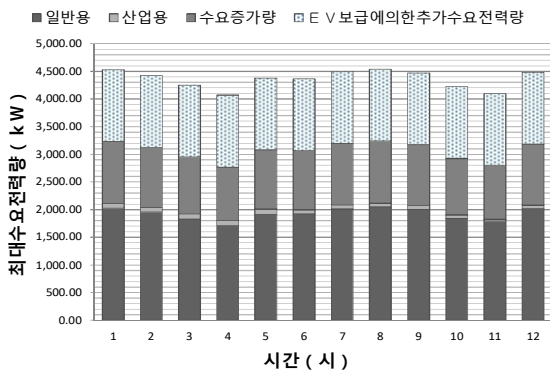


그림 2 대형마트의 수요전력 분석 및 최대수요전력량의 예상
Fig. 2 Analysis for demand electric power and expectation for maximum demand electric power of discount store

그림 2에 대상 대형마트의 현재 최대수요전력과 EV 보급시의 최대수요전력량을 함께 나타내었다. 대상 대형마트는 부하를 일반용과 산업용으로 나누어 수요전력량을 산정하고 있다. 일반용과 산업용 수요전력을 합친 것이 총 수요전력량이다.

$$P_{exp} = P_{add} + \left[(P_G + P_I) \times \left(1 + \frac{\phi}{100} \right)^Y \right] \quad (2)$$

식(2)는 Y년 후의 예상최대수요전력량 P_{exp} 을 산정하기 위한 것으로, P_G 는 일반용, P_I 는 산업용 수요전력량이며 ϕ 는 전력수요량의 연평균증가율로써, 2010년에서 2024년까지의 연평균증가율은 3.1%로 전망되고 있다⁵¹. 실제 대형마트의 2010년의 수요전력 데이터를 기반으로 EV가 시장의 전망대로 보급될 경우 2024년의 최대수요전력량을 예상하였다. 그 결과 최대수요전력은 8월의 4,538[kW]로 산정되었다.

2.3 필요전력량의 분석을 통한 BESS의 용량산정

EV 충전 인프라를 위한 BESS의 용량산정을 위해 계약전력과 수요전력을 비교하여 더 필요할 것으로 예상되는 전력량을 산출하였다. 이때 계약전력은 현재의 것으로 고려하였다.

2.3.1 계약전력과 최대수요전력량의 비교

대상 대형마트의 계약상 사용할 수 있는 총 전력인 계약전력을 나타내는 변압기의 총 용량은 4,250[kW]이다. EV 보급시의 2024년의 최대수요전력량이 4,538[kW]로 예상되었고, 여유

용을 20%로 하였을 때, 필요전력량은 1,195.6[kW]로 산정된다.

2.3.2 대형마트의 배전설비를 고려한 산정

대상 대형마트는 총 4개의 변압기를 배치하고 있으며 하나의 변압기에서 각 부하에 대한 수용부하가 나뉘어져 있어 주차 시설에서의 수요전력이 늘어날 때 계약전력이 원활하게 공급되지 않을 위험이 있다. 계약전력 중 변압기에서 주차시설에 할당된 수용부하는 표 2와 같으며 주차시설로 공급될 수 있는 전력은 총 287.1[kW]이다. 이를 2.1.3절의 결과와 비교하면 EV 충전 인프라 구축으로 주차시설에서는 1,010.48[kW]가 더 필요해진다는 것을 알 수 있다.

표 2 주차시설에 대한 계약전력량을 고려한 필요전력량의 산정
Table 2 Calculation of needed electric power of parking lot

구분	TR #1	TR #2	TR #3	TR #4	추가 수요전력량 [kW]	필요전력량 [kW]
수용부하 [kW]	41.52	50.37	108.7	86.54		
총 수용부하 [kW]	287.1				1,297.58	1,010.48

2.3.3 BESS를 이용한 충전 인프라의 용량산정

앞서 분석한 결과 필요전력량은 대상 대형마트의 전체 전력수급을 예측하여 고려한 경우는 1,195.6[kW], 주차시설만을 고려한 경우에는 1,010.48[kW]로 산출되었다. 여유율을 20% 하여 BESS의 용량을 산정한다면, 전체 수요전력의 보상을 고려하는 경우에는 1,195.6[kW]를 필요전력으로 하여 1,434.7[kW]이 BESS의 용량으로 산정된다. 다만, 충전 인프라에만 이용될 BESS 시설이라면 주차시설에 할당된 계약전력만을 고려하여 산출된 필요전력량인 1,010.48[kW]을 바탕으로 BESS의 용량을 1,212.57[kW]로 산정하는 것이 신뢰성과 전력수급의 안전성을 보장할 수 있을 것이다.

3. 결론

본 논문에서는 실제 대형마트를 대상으로 하여 주차시설의 차량입고 데이터를 기반으로 EV의 보급을 위한 충전 인프라 구축시 추가적으로 발생할 것으로 예상되는 전력량을 산출하고 계약전력과 최대수요전력량을 예상하여 양 간의 비교를 통해 필요전력량을 구하여 충전 인프라에 이용되는 BESS의 용량을 산정하였다. 나아가 앞으로 스마트 그리드를 통한 차별적인 전력가격체계의 도입과 풍력이나 태양광 발전을 이용한 신재생 에너지의 활용 여부, BESS의 설치비용과 BESS 설치로 얻을 수 있는 이득의 비교, ESS로 채택될 Battery의 효율을 고려한다면 좀 더 정확한 용량 산정이 가능할 것이다.

참고 문헌

- [1] 박희범, “자동차 보급에 따른 전력수급영향 및 시사점”, 전력거래소, 2009.11
- [2] 지식경제부, “세계시장을 선도해 나갈 양산형 고속전기차 출시”, 2010.09
- [3] 전자부품연구원, “전기자동차 시장동향”, 2010.04
- [4] 손홍관, “전기자동차 충전 인프라와 스마트그리드”, 대한전기학회, 전기의세계, 제59권 제4호 2010.4 pp.47-53
- [5] 지식경제부, “제5차 전력수급계획”