

신재생에너지의 계통 수용성 향상을 위한 전기저장장치의 적정 SOC 산정 방안에 관한 연구

이승현, 김병기
 강원대학교 전기공학과
 e-mail:bk_kim@kangwon.ac.kr

A Study on the Proper State of Charge (SOC) Determination of Energy Storage System for Enhancing Grid Hosting Capacity of Renewable Energy

Seung-Hyun Lee and Byungki Kim
 *Dept. of Electrical Engineering, Kangwon National University

요약

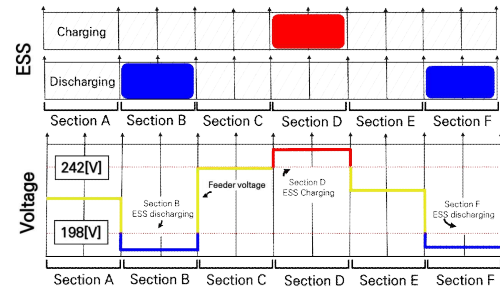
본 논문에서는 선로증설비용을 회피하면서, 유연자원 중 하나인 ESS(Energy Storage System, ESS)를 이용하여 신재생에너지전원의 계통 도입용량을 확보하기 위하여, ESS를 상시적으로 운용할 수 있는 ASR(Adaptive State Of Charging Reference, ASR) 운용 방안을 제안한다. 그리고, 제시한 방안을 바탕으로 PSCAD/EMTDC에 의한 시뮬레이션을 수행하여 신재생에너지 도입용량을 증대하기 위한 ESS의 적정운용 방안의 유용성을 확인한다.

1. 서론

본 논문에서는 배전계통의 신재생에너지의 도입 및 수용을 증대를 위하여, 재생에너지 예측 출력, 부하 예측, 계통 허용용량 및 ESS 운전 제약을 종합적으로 고려하여, ESS의 실시간 SOC에 대하여 적정범위를 산정하는 적정운용 알고리즘을 제시한다. 또한, 제안한 방안의 운용 특성을 분석하기 위하여 PSCAD/EMTDC를 바탕으로 배전계통의 전체시스템 모델링을 수행한다. 따라서, 상기에 서 제시한 방안을 바탕으로 시뮬레이션을 수행한 결과, ASR 알고리즘에 의하여 ESS의 SOC는 적정범위를 유지함을 확인할 수 있어, 본 연구에서 제시한 알고리즘의 유효성을 확인할 수 있다.

2. 배전계통 전압안정화용 ESS의 운용특성

수용가의 부하량보다 RES의 발전량이 많은 경우에는 역조류에 의하여 배전선로에 과전압 현상이 발생할 수 있고, 수용가의 부하량보다 신재생에너지의 발전량이 적은 경우에는 저전압 현상이 발생할 가능성이 있다. 따라서, 상기의 전압에 대한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 저압 배전계통의 전압을 안정화할 수 있는 ESS의 운용특성을 그림 1과 같이 제시한다.



[그림 1] 전압안정화용 ESS의 운용특성

3. 신재생에너지 수용을 향상을 위한 ESS의 실시간 SOC 산정방안

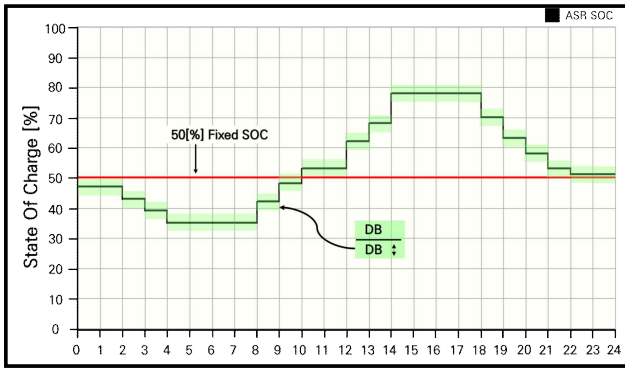
본 논문에서는 그림 1과 같이 SOC의 적정용량을 실시간 산정하는 ASR 알고리즘을 제안한다. 이 방식을 적용하는 경우에 기존 고정 방식(SOC 50[%])보다 효율적으로 ESS를 운용할 수 있는 장점을 가진다. 또한, 본 논문에서 제안한 ASR은 식 (1)과 같이, ESS의 시간대별 충·방전 용량 변화율[%]과 SOC 초기값 50[%]를 합산하여 산정한다. 여기서, 식 (2)는 ESS를 실시간으로 충전할 수 있는 SOC 산정값을 의미하고, 식 (3)은 실시간으로 방전할 수 있는 SOC 산정값을 나타낸다. 단, ESS의 운용은 계통 상황에 따라 빈번하게 허용범위를 초과할 가능성이 있어, ESS가 운용하지 않는 불감대폭인 여유율(DB, deadband)을 고려한다.

$$ASR_{th}(h) = \left(\sum_{y=1}^{th} \left(\frac{(A-B)}{(A+B)} \times 100[\%] \right) + 50[\%] \right) \pm DB[\%] \quad (6)$$

$$A = \sum_{t=1}^{sec} P_{ESS-C}(y,t) \quad (7)$$

$$B = \sum_{t=1}^{sec} P_{ESS-D}(y,t) \quad (8)$$

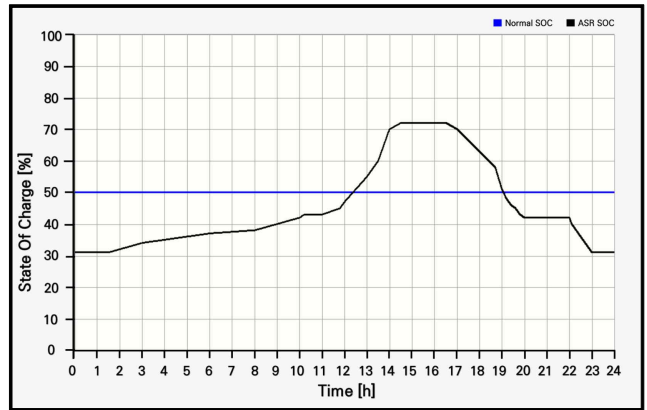
여기서, $ASR(h)$: 시간대별 적정 SOC 기준 운용점, P_{ESS-C} : ESS 충전 용량, P_{ESS-D} : ESS 방전 용량, t_h : 시간대, A : 충전 용량, B : 방전 용량, DB[%] : ASR의 여유



[그림 3] 제안한 ASR 방안의 운용방안

5.2 ESS의 SOC 특성분석

SOC의 적정용량을 실시간 산정하는 ASR 방안을 바탕으로, PSCAD/EMTDC를 이용한 전압안정화용 ESS의 SOC 특성을 나타내면 그림 7과 같다. 구체적으로 신재생에너지 수용율 향상을 위한 기능으로 ESS 활용을 극대화 할 수 있도록, ESS에 의하여 전압조정을 하지 않는 시간대에서는 ASR 운용으로 SOC의 적정 범위를 유지함을 확인하였다. 또한 전압안정화가 필요한 시간대에서는 ESS의 운용용량의 제약없이 충·방전 동작이 이루어짐을 알 수 있었다. 따라서, 본 논문에서 제안한 ASR 알고리즘에 의하여, ESS가 24시간동안 전압안정화를 위한 운용을 충분히 수행할 수 있음을 알 수 있었다.

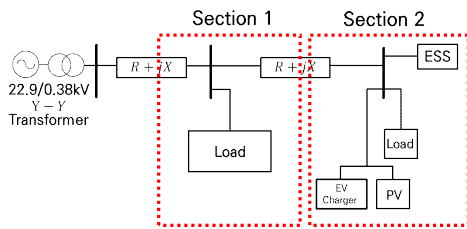


[그림 7] ASR 알고리즘을 적용한 ESS의 24시간 SOC 특성

5. 시뮬레이션 결과 및 분석

5.1 시뮬레이션 조건

상기에서 제시한 배전계통의 전체시스템 모델링을 바탕으로, 전압 안정화용 ESS의 ASR의 운용 특성을 분석하기 위한 계통 모델은 그림 5와 같고, 시뮬레이션 조건은 표 1과 같다.



[그림 5] 배전선로의 계통모델

[표 1] 시뮬레이션 조건

Data	Section 1	Section 2
Impedance	R (Ω/km)	0.40
	X (Ω/km)	0.027
Length (km)	1	1
Load (kW)	0-15.0	0-15.0
PV (kW)	-	0-30.0
EV Charger (kW)	-	0-18.9

6. 결론

본 논문에서는 신재생에너지의 배전계통 수용율 향상을 위한 ESS 적정 운용용량 산정 방안을 제안하고, 시뮬레이션 분석을 위하여, 배전계통 모델링을 수행하였다. 이를 바탕으로 시뮬레이션을 진행한 결과, 제시한 방안에 의하여 ESS가 운용용량의 제약없이 동작함을 알 수 있어 본 논문에서 제안한 방안의 유용함을 확인하였다.

참고문헌

[1] 노성은 외 4명, “신재생에너지 수용성 향상을 위한 30kW급 VPL의 운용특성에 관한 연구”, 2024 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1,204-1,205, 2024.07