

유연자원용 전기충전인프라의 전력안정화 방안

김병기*, 유경상*, 김대진*, 남양현*, 윤승진*, 김찬수*,
 *한국에너지기술연구원 전력시스템연구실
 e-mail:bk_kim@kier.re.kr

A Study on the Power Stabilization Method of Electric Vehicle Charging Infrastructure for Flexible Resource

Byungki Kim*, Kyung-Sang Ryu*, Dae-Jin Kim*, Yang-Hyun Nam*, Seung-Jin Yoon* and Chan-Soo Kim*

*Korea Institute of Energy Research, Electric Power System Laboratory

요약

제주도는 재생에너지 비중이 높아짐에 따라 출력제한 횟수가 풍력의 경우 2015년 3회에서 2020년 77회로 가파른 증가 추세를 보이고 있다. 이러한 배경하에, 재생에너지의 초과 발전하는 시간대에 전력을 유연하게 운영 할 수 있는 자원으로서 전기충전인프라를 활용하는 방안이 제시되고 있다. 따라서 본 논문에서는 전기충전인프라를 유연자원으로서 활용하기 위하여, 전력안정화 운영전략과 신재생에너지전원이 연계된 전기충전인프라의 유연자원으로서의 도입모델을 제시한다. 제안한 전략과 도입모델을 바탕으로, 30kW급 실제통환경인 Test-bed에서 시험을 수행하여, 제안한 전력안정화 방안의 유용성을 확인한다

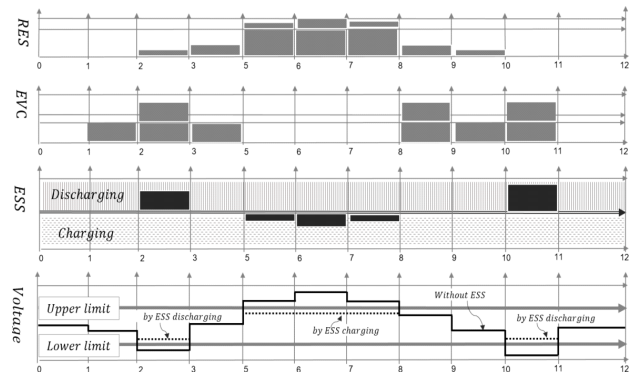
1. 서론

최근 제주에서는 현재 재생에너지의 보급이 20%를 상회하고 있으며, 특히 부하가 작은 낮 시간대에 재생에너지발전으로 인하여 전력공급이 수요를 초과하는 현상이 발생하고 있다. 이에 따라 재생에너지의 출력제한이 이루어지고 있으며, 계통상에서는 전압 및 전력의 변동성이 심해지고 있는 상황이다. 따라서 본 논문에서는 전기충전인프라를 유연자원으로서 운영하고, 신재생에너지전원의 출력제한 문제 및 전력품질 문제점등을 해결하기 위하여 신재생에너지전원이 연계된 전기충전인프라 모델을 제시하고, 전기충전인프라 운영에 의하여 전력 및 전압 제어하는 보조서비스 구현전략을 제시하여 전기충전인프라가 저압계통에 안정적으로 도입 될 수 있는 방안을 제안한다. 그리고 30kW급 Test-bed에서 실증시험을 수행하여 본 논문에서 제안한 방안의 유용성을 입증한다.

2. 유연자원용 전기충전인프라의 운영특성

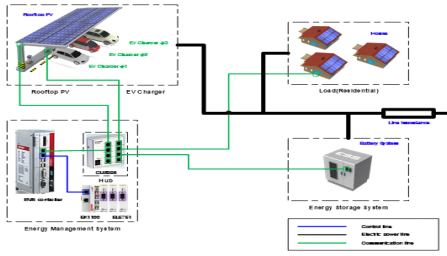
배전선로에 신재생에너지전원을 포함한 전기충전인프라가 운용되는 경우, EV 충전량과 신재생에너지전원의 발전량에 따라 계통의 전압은 강하하거나 상승하게 된다. 예를 들어 신재생에너지가 발전을 하게 되면, 역전류에 의하여 전압은 상승하게 되고, EV의 충전량이 부하 사용량이 많아지게 되면 전압은 강하하게 된다. 따라서 본 논문에서는 계통의 전압특

성에 의하여 저압계통에서 EV의 충전량 및 부하량이 많을 경우, 전기충전인프라 설비중 하나인 ESS의 방전을 통해서 계통의 한계용량을 유지하고, 신재생에너지의 발전량이 많은 경우, ESS를 충전시켜 규정치 이내로의 전압조정을 통해 계통의 전력을 안정화하는 유연자원 운영전략을 제시하며, 이 전략의 개념을 나타내면 그림 1과 같다.

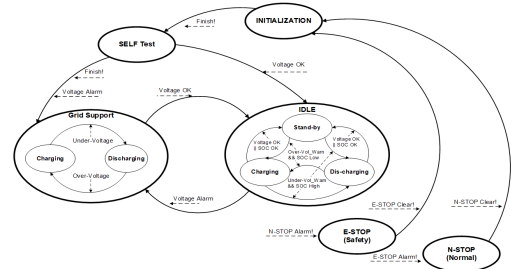


[그림 1] 전기충전인프라의 전력 운영 전략

따라서 본 논문에서 일정전압을 유지하는 동시에 안정적인 전력공급 및 유연하게 전력을 융통할 수 있는 전기충전인프라의 운용전략과 도입모델을 그림 2와 같이 제시한다.



[그림 2] 전기충전인프라 구성도

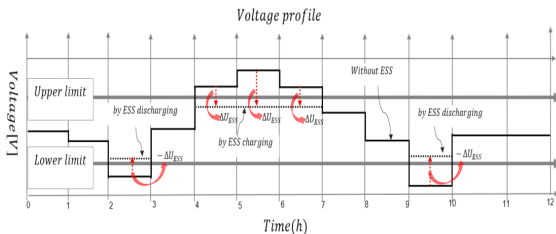


[그림 4] 전기충전인프라의 운영 State machine

3. 유연자원용 전기충전인프라의 운영방안 및 구현

3.1 전기충전인프라의 전력안정화 방안

그림 3은 계통 중단에 설치된 전기충전인프라의 운용에 의하여 계통의 전력을 안정화 할 수 있는 모델을 제시한다. 구체적으로 계통의 최대 수용전류를 사전에 분석한 후, 주상변압기부터 전기충전인프라가 설치된 지점까지의 중부하시 실시간으로 측정되는 전압과 신재생에너지전원의 최대발전량에 의하여, 전기충전인프라 내 설비를 운용하게 된다. 즉 계통의 한계용량을 벗어난 전압(전력)크기 만큼 전기충전인프라 내 설치된 ESS와 전기충전기로 전력을 조절하여 전압(전력)을 목표로하는 일정범위 이내로 항상 유지시키게 되며, 전력을 안정적으로 유지시키는 전략을 나타내면 그림 4와 같다.



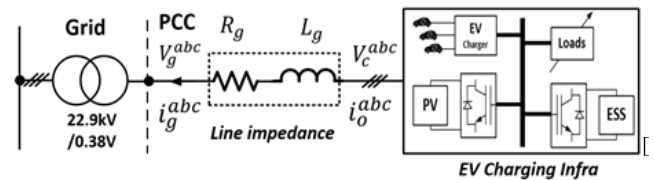
[그림 3] 전기충전인프라의 운용방안

3.2 전기충전인프라의 상태시스템 구현

전기충전인프라는 PV, ESS 및 부하로 구성되어 배전시스템에 연계된다. 이때 운영전략을 적용하기 위해서는 시스템의 상태를 안정적으로 제어하는 운영 플랫폼이 필요하기 때문에, 본 논문에서는 계통특성에 대한 다양한 조건에서 전기충전인프라의 운영방안에 따라 안정적으로 운영할 수 있는 state machine에 대한 구현전략을 그림 4와 같이 제안한다. 이 시스템은 보조서비스용도로 운영되는 Grid Support모드와 전력을 일정하게 유지시켜주는 IDLE 모드 그리고 비상상태에 따라 운전을 제약하는 E,N-Stop 모드로 구성된다.

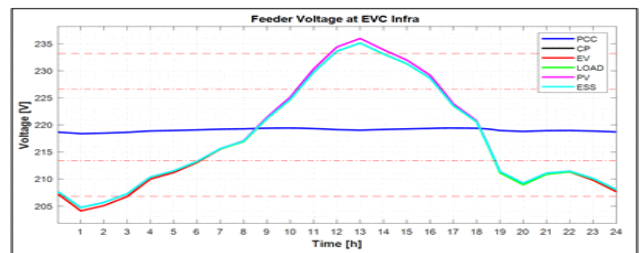
4. 유연자원용 전기충전인프라의 시험 및 특성 분석

Test-bed는 30kW급으로서 출력량을 유연하게 조절할 수 있는 7.7kW 완속충전기 3기, 16kWp 태양광인버터, 그리고 40kwh용량의 ESS로 구성되어 있으며, 시험선로를 모의하기 위한 가변 모의선로와 시간대별로 부하패턴을 모의하기 위한 부하시험장치로 구성된다. 따라서 검증을 수행하기 위한 전기충전인프라 계통을 나타내면 그림 5와 같다.



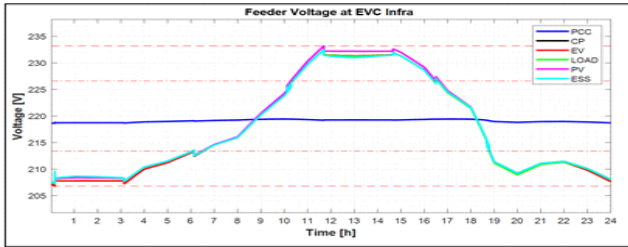
[그림 5] Test-bed 계통 구성도

그림 6은 전기충전인프라를 도입하지 않은 경우, 24시간동안의 전력특성을 결과를 나타낸 것이다. 이를 분석해 보면, 재생에너지의 발전량이 많은 시간대인 11시50분에서 14시 20분 사이에 과전압현상이 발생하였으며, 밤 시간대인 00시 00분에서 03시00분 사이에 저전압현상이 발생함을 알 수 있었다.



[그림 6] 전기충전인프라가 도입된 경우

한편, 그림 7은 전기충전인프라가 계통에 도입된 경우, 24시간동안의 전력특성을 결과를 나타낸 것이다. 구체적으로 전기충전인프라를 제안한 방식에 의하여 운영하게 되면, 상기에서 발생되었던 과전압 및 저전압현상이 해소됨을 알 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 유연자원으로서의 안정화방안에 대한 유용성을 확인하였다.



<그림 7> 전기충전인프라가 도입된 경우

5. 결론

본 연구에서는, 전력계통의 안정적인 운영을 위하여, 전기충전인프라를 유연자원으로서 활용할 수 있는 전력안정화 방안을 제안하였다. 즉 전기충전인프라 운영에 의하여 전력 및 전압 제어하는 보조서비스 구현전략을 제시하여 전기충전인프라가 저압계통에 안정적으로 도입 될 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 한국에너지기술연구원 2024년도 기본사업과 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원 지원을 받아 수행하였음 (No. 20203030020200), (No. C4-2422-01)

참고문헌

- [1] Byung-Ki Kim, et al., “A Study on the Voltage Stabilization Method of System Using Battery Energy Storage System and Step Voltage Regulator”, JEET, Vol.12, No.1 pp.11~18