

배전계통의 태양광발전 연계 위치에 따른 전압 안정성 분석

남준혁*, 박성준*, 조동일*, 조윤진*, 김병기**, 문원식*

*송실대학교 전기공학과, **한국에너지기술연구원

e-mail: junhyuk6@gmail.com

Voltage Stability Analysis Based on Photovoltaic Integration Locations in Distribution Systems

Junhyuk Nam*, Seongjun Park*, Dongil Cho*, Yunjin Cho*, Byoungki Kim**,
Wonsik Moon*

*Dept. of Electrical Engineering, Soongsil University, **KIER

요약

본 논문에서는 배전망에서 태양광(PV) 발전의 연계 위치가 전압 수준에 미치는 영향을 분석하여, PV 연계 위치에 따라 전압 불안정이 발생할 가능성을 비교하였다. 배전망 말단 노드에서 특히 전압 상승이 두드러지며, 적절한 연계 위치 선택이 전압 안정성 유지에 중요함을 시사한다.

1. 서론

재생에너지 중심의 발전 전환이 가속화되면서 태양광발전과 같은 분산형 전원의 보급이 증가함에 따라 배전계통 내 연계 위치의 중요성이 높아지고 있다. 태양광발전의 발전량 변동성과 특정 시간대의 급격한 전력 투입으로 인해 계통 전압 변동 문제가 발생할 수 있으며, 이는 배전선로의 안정성과 전력 품질에 부정적인 영향을 미친다[1]. 본 논문에서는 전압 안정성 측면에서 태양광발전 연계 위치가 배전계통 전압에 미치는 영향을 분석하기 위해 시뮬레이션을 수행하여, 연계 위치별 전압 변동을 비교 분석하였다.

2. 본론

2.1 한국 배전선로 전압유지범위

한국에서는 7[kV]를 초과하는 전압을 특고압으로 규정하며, 한국전력공사의 전압 유지 규정에 따라 22.9[kV] 배전선로의 전압은 20.8[kV]에서 23.8[kV] 사이로 유지되어야 한다[2]. 태양광발전 연계가 증가하면 역조류로 인해 과전압이 발생할 수 있으므로, 연계 위치에 따른 전압 영향을 충분히 고려하여 배전선로의 전압 안정성을 확보하는 것이 중요하다[3].

2.2 모델링

제주특별자치도의 C지역 데이터를 기반으로 단순화된 단선도 모델을 구축하여, 태양광발전 추가 연계 위치에 따른 배

전계통 전압 변화를 분석하였다. 모델은 7개의 노드로 구성되며, 주요 설비로는 154/22.9[kV], 45/60[MVA] 용량의 주변압기, ACSR-160[mm] 선로, 11.7[MW]의 태양광발전, 그리고 총 2.6[MW] 부하가 포함된다. 태양광발전은 노드 4, 6, 7에 연계되어 있으며, 부하는 각 노드에 균등하게 분배되었다.

2.3 시뮬레이션 결과

태양광발전 연계 위치가 배전계통 전압에 미치는 영향을 분석하기 위해 노드 1부터 7까지 각 노드에 500kW 용량의 태양광발전을 추가로 연계하는 7개의 시나리오를 설정하였다. OpenDSS와 Python을 활용해 하루 동안 1시간 간격으로 전압 변화를 시뮬레이션한 결과, 모든 시나리오에서 태양광 연계 후 각 노드의 최대 전압이 증가하는 경향을 보였다. 특히, 연계 위치가 노드에서 멀어질수록 전압 상승률이 감소하였으며, 이는 태양광발전의 연계 위치가 계통 전압에 큰 영향을 미친다는 것을 시사한다. 또한, 모든 시나리오에서 배전선로의 말단인 노드 7에서 계통의 최대 전압이 발생하여, 분산형 전원 연계 시 말단부의 전압 상승을 고려해야 함을 강조한다.

3. 결론

본 연구는 제주특별자치도의 배전계통 모델을 통해 태양광발전 연계 위치에 따른 전압 변동을 분석하여, 태양광발전 연계가 전압 상승을 유발하며 특히 말단 노드에서 전압 불안정성이 두드러짐을 확인하였다. 이를 통해 전압 여유도와 같은

지표를 활용해 적합한 연계 위치를 사전에 평가하는 것이 중요함을 제안하며, 이러한 접근이 과전압 문제를 최소화하고 안정적인 전력 품질을 유지하는 데 기여할 수 있음을 시사한다. 앞으로 분산형전원의 최적 연계 위치 선정 솔루션을 개발하여 탄소 중립 실현을 위한 재생에너지 보급에 기여할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 한국에너지기술연구원의 기본사업(C42422)을 재원으로 수행한 연구개발과제의 결과입니다.

참고문헌

- [1] Zeraati.M, Golshan.M.E.H, Guerrero.J.M, “Distributed Control of Battery Energy Storage Systems for Voltage Regulation in Distribution Network With High Pv penetraion,” IEEE transaction on smart grid, vol. 9, NO. 4, 3582-3593, 2018
- [2] “분산형전원 배전계통연계 기술기준”, 한국전력공사, 2023
- [3] 윤광훈, “배전계통에서 역조류를 고려한 전압 제어 설비의 운영 방법”, 국내박사학위논문 숭실대학교 대학원, 2023.