

배전계통 선로단위 신재생에너지 수용을 향상을 위한 VPL 운용 특성 분석

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

Characteristics Analysis of VPL Operation to Improve Renewable Energy Hosting Capacity

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

*Electric Power System Research Laboratory, Korea Institute of Energy Research

요약

최근 지구온난화에 따른 탄소중립화를 수행하기 위해 신재생에너지의 보급이 급격히 증가되고 있지만, 기존 전력 네트워크 강화 및 케이블 보강 등의 계통 보강에 대한 필요성이 증가하고 있다. 막대한 비용이 소요되는 인프라 보강과 주민 민원 등의 시간이 소요되어 이를 대응하기 위해 신재생에너지 수용을 향상하기 위한 전력설비 인프라를 증설하지 않고, ESS를 가상의 전력선으로 운용하여 계통에 인프라의 성능과 신뢰성을 향상시키는 VPL(virtual power line)의 계통 수용을 확보 방안에 대한 연구의 필요성이 요구되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 VPL을 활용한 신재생에너지 수용을 평가알고리즘을 제시하고, 30[kW]급 모의 배전계통을 구현하여, 일반배전 계통의 과전압현상과 VPL과 DR을 활용한 운용특성을 분석하여 신재생에너지 수용에 대한 영향을 분석하고자 한다. 이를 바탕으로 VPL의 운영특성을 수행한 결과 신재생에너지 전원이 연계되어 역조류에 의해 수용가 과전압현상이 발생하면 VPL과 DR의 영향으로 수용가 전압의 과전압을 해소하여, 신재생에너지 수용율을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

최근 지구온난화에 따른 탄소중립화를 수행하기 위해 신재생에너지의 보급이 급격히 증가되고 있지만, 기존 전력 네트워크 강화 및 케이블 보강 등의 계통 보강에 대한 필요성이 증가하고 있다. 막대한 비용이 소요되는 인프라 보강과 주민 민원 등의 시간이 소요되어 이를 대응하기 위해 신재생에너지 수용을 향상하기 위한 전력설비 인프라를 증설하지 않고, ESS를 가상의 전력선으로 운용하여 계통에 인프라의 성능과 신뢰성을 향상시키는 VPL(virtual power line)의 계통 수용을 확보 방안에 대한 연구의 필요성이 요구되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 VPL을 활용한 신재생에너지 수용을 평가알고리즘을 제시하고, 30[kW]급 모의 배전계통을 구현하여, 일반배전 계통의 과전압현상과 VPL과 DR을 활용한 운용특성을 분석하여 신재생에너지 수용에 대한 영향을 분석하고자 한다. 이를 바탕으로 VPL의 운영특성을 수행한 결과 신재생에너지 전원이 연계되어 역조류에 의해 수용가 과전압현상이 발생하면 VPL과 DR의 영향으로 수용가 전압의 과전압을 해소하여, 신재생에너지 수용율을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

2. VPL을 활용한 신재생에너지 수용을 평가 알고리즘

본 논문에서 배전계통 선로단위의 신재생에너지 수용율을 평가하기 위해서 VPL 제어알고리즘을 적용하여, 선로한계용량을 초과하여 신재생에너지 수용율을 평가하는 알고리즘을 제안한다. 신재생에너지 수용을 평가시험에서는 상시전압변동(±6%) 이내로 유지시키기 위해, 초기전압을 측정하고 아래의 알고리즘에 의하여 ESS 운영용량을 결정한 후, VPL 평가 플랫폼에 적용하여 수용가의 전압변동특성을 분석한다.



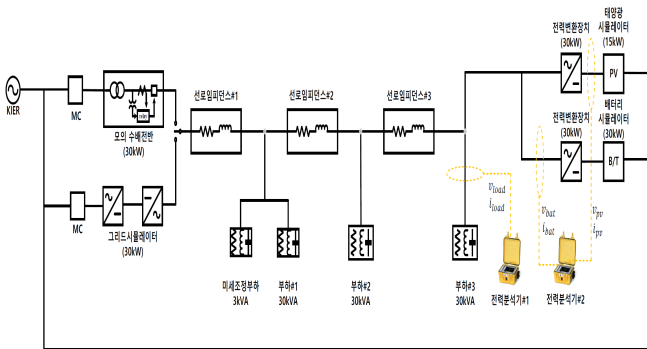
[그림 1] VPL 운영 알고리즘

상기의 알고리즘 step1에서는 선로 임피던스 등 기초 배전계통 파라미터 설정한다. 여기서, P_L : 전압하한치(0.94PU)가 될 때의 ESS 방전용량 시작시점, P_G : 전압상한치(1.06PU)가 될 때의 ESS 충전용량 시작시점이다. step2에서는 각 BUS지점(PCC) 전력량(P_n) 측정한다. step3에서는 P_L 보다 P_n 이 큰 경우, 기준방전용량으로 VPL 방전하며, P_G 보다 P_n 이 큰 경우, 기준충전용량으로 VPL 충전한다. 마지막으로 일반 배전계통에서의 운영된 신재생에너지전원의 용량과 VPL을 연계하여 운영된 신재생에너지전원의 용량을 비교하여, 신재생에너지 수용율을 평가한다.

3. 시험 결과 및 분석

3.1 시험 조건

본 논문에서는 신재생에너지 수용율 향상을 위한 VPL 운영 특성 분석을 수행하기 위하여 기준전압 6%이상 상승되는 2가지 조건에 대하여 VPL 특성시험을 수행한다. 여기서, 그림 2는 VPL이 연계된 모의 배전계통을 나타내며, 모의 선로 3개의 구간과 3개의 모의 부하, 모의 태양광전원, VPL로 구성된다. 모의 선로의 선로저항은 $0.4+j0.2\Omega$ 으로 3개 구간 모두 동일하게 적용한다.



[그림 2] VPL 특성 시험 전체 시스템 구성도

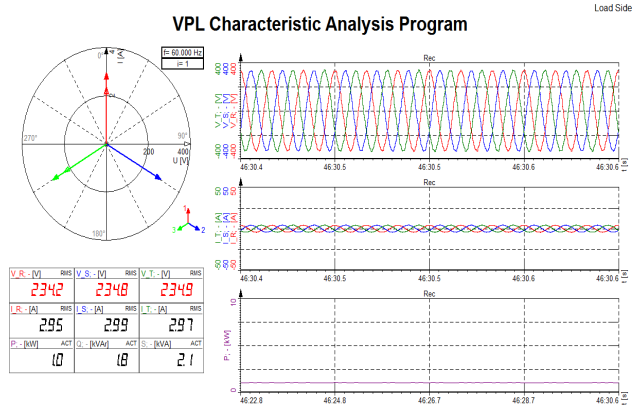
또한, 표 1은 수용가의 과전압을 발생시키기 위한 시험조건으로 상정한다. 이를 바탕으로, 신재생에너지 수용율 향상을 위한 VPL 운영특성을 평가한다.

[표 1] 시험 조건

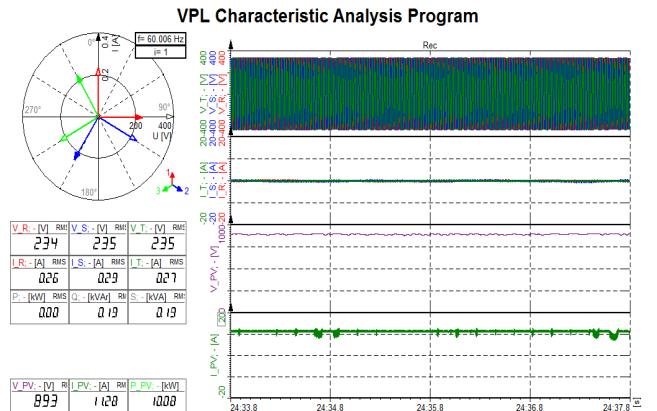
구분	내역				
Case	부하 1 [kW]	부하 2 [kW]	부하 3 [kW]	PV/ESS [kW]	DR [kW]
1	1.8	1.8	1.8	10/0	-
2	1.8	4.8	1.8	13.6/6	3

3.2 일반 배전선로 과전압 운용특성(Case1)

상기에서 제시한 시험조건을 바탕으로, 수용가 과전압에 따른 VPL의 운용특성을 나타내면 그림 3과 같다. 여기서, 그림 3(a)와 같이 수용가의 전압은 태양광전원 10[kW]이 연계되어, 태양광전원 역조류에 의해 수용가전압은 R상 234.2[V], S상 234.8[V], T상 234.9[V]로 산정되어 수용가 전압이 규정 전압 범위를 벗어남을 알 수 있다.



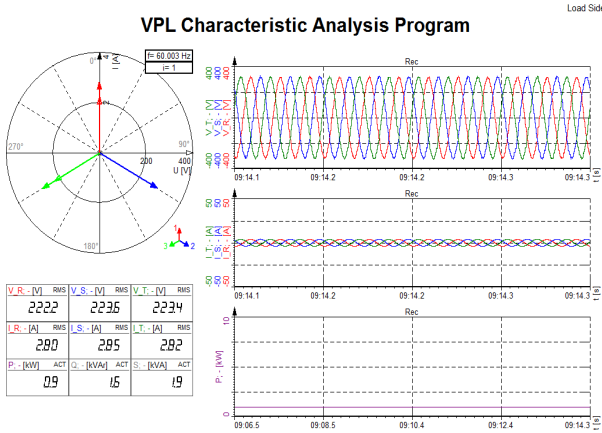
(a) 일반배전선로의 과전압현상 시 수용가 운용특성



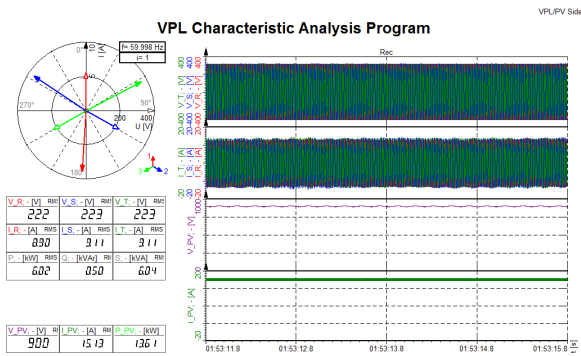
(b) 일반배전선로의 과전압현상 시 VPL과 PV 운용특성
[그림 3] 일반 배전선로 과전압 운용특성

3.3 VPL과 DR 연계 시 운용특성(Case2)

상기에서 제시한 시험조건을 바탕으로, 수용가 과전압에 따른 VPL과 DR의 운용특성을 나타내면 그림 4와 같다. 여기서 그림4(a)와 같이 수용가 전압은 R상 222.2[V], S상 223.6[V], T상 223.4[V]로 산정되었으며, 태양광전원의 역조류를 VPL과 DR이 흡수하여, 수용가 전압이 과전압 현상을 해소시킬 수 있음을 알 수 있다. 기존의 배전계통 조건(Case1)과 비교하여, VPL과 DR을 운용하였을 경우 PV의 용량은 13.6[kW]로 수용율은 136[%]로 향상됨을 알 수 있다.



(a) VPL과 DR 연계 시 수용가 운용특성



(b) VPL과 DR 연계 시 VPL과 PV 운용특성
[그림 4] VPL과 DR 연계 시 운용특성

4. 결론

본 논문에서는 기존의 배전계통 전력설비를 보강하지 않고, ESS를 VPL로 활용하여 배전계통 선로단위 신재생에너지 수용율을 평가하는 알고리즘을 제시하고, PV, 모의 수용가부하, 모의 선로장치, VPL용 ESS로 구성된 모의 배전계통을 구현하였다. 이를 바탕으로 VPL의 운용특성을 분석한 결과, 수용가의 전압을 규정전압 범위 이내로 유지시킬 수 있어, VPL이 기존 배전계통의 보강설비 투자 없이 신재생에너지 수용율을 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] “Carbon Free Island Jeju by 2030”, 제주특별자치도, 2019
- [2] “Virtual power lines, IRENA”, 2020.
- [3] Analytical Studies to Demonstrate Additional FACTS Technologies on the New York State Transmission System, EPRI, May 1996; Application of Storage Technology for Transmission System Support, EPRI, December 2012.