

송전망에 연계되는 인버터 기반 발전원에 관한 최신 국제 표준 IEEE Std 2800-2022 의 LVRT/HVRT 관련 내용 소개

이효준, 임알렉산드르, 송승호
 광운대학교 전기공학과

Introduction to the Latest IEEE Standard 2800-2022 for Inverter-based Resources Connecting to the Transmission Level Power Systems Including LVRT/HVRT Requirements

Hyo-jun Lee, Alexandr Lim, Seung-Ho Song

Department of Electrical Engineering, Kwangwoon University, Seoul, Korea

ABSTRACT

재생에너지 발전 비율을 높여가는 과정에서 재생에너지 발전원에 요구되는 계통연계 규정이 강화되고 있다.^[1] 계통연계 규정 중에서도 계통에서 사고가 발생했을 때 인버터가 계통에서 탈락하지 않고 계통연계를 유지하도록 하는 FRT(Fault Ride Through) 기능 중 계통의 저전압 사고 시 계통연계 유지에 대한 내용인 LVRT(Low Voltage Ride Through)에 대한 국제 표준의 최신 동향을 2022년 발표된 P2800^[2]에 대한 내용을 이용해 설명하고, 그중 Multiple LVRT에 대한 개념을 소개하고, PowerFactory 프로그램을 이용한 시뮬레이션을 통해 Multiple LVRT 기능을 구현한 결과를 보여 준다.

1. 서론

기후 위기 극복을 위해 많은 나라들이 재생에너지 발전 비율의 목표치를 높게 설정하고 있다. 우리나라 역시 이러한 흐름에 맞춰 로드맵을 제시하고 있으며, 2023년에 산업통상자원부에서 발표한 제10차 전력수급기본계획을 보면 2036년 신재생에너지의 발전 비중을 30.6%로 계획하고 있다.^[3]

태양광 발전의 경우 PV 패널의 출력이 DC이기 때문에 AC로 변환을 해주기 위한 인버터가 필요하고, 풍력 발전의 경우 블레이드 속도의 가변을 위해 Type-3 및 Type-4 풍력 터빈에서 Back-to-Back 컨버터라고 불리는 인버터를 사용하게 된다. 또한 ESS와 같은 다른 발전원 또한 필수적으로 인버터를 사용해 계통과 연결된다. 하지만, 재생에너지의 경우 에너지원이 태양광 또는 풍속과 같이 시간에 따라 변하는 변동성 에너지원의 특성을 갖게 된다. 또한, 인버터를 사용하기 때문에 계통에서 사고가 발생하면 기존에는 인버터의 보호를 위해 계통에서 분리를 시켰다. 하지만, 재생에너지의 이러한 변동이 급격한 특성들은 재생에너지 발전 비율이 높아졌을 때 계통의 관성을 낮추는 것으로 알려져 있다. 따라서, 재생에너지 발전원에 요구되는 계통연계 규정에는 사고 시 계통연계 유지에 대한 요구사항이 담겨 있다. 우리나라의 경우에도 한국전력공사의 신재생 발전기 송전계통 연계 기술기준을 보게 되면, LVRT에 대한 요구사항이 있다.^[4] 하지만, 아직 LVRT에 대한 요구사항만 있을 뿐, HVRT(High Voltage Ride Through)는 따로 요구하고 있지 않다. 또한, 전압 하강의 크기에 대한 계통연계 유지 시간을 정해놨을 뿐, 해당 시간에 대한 정확한 정의가 이루어지지 않

았다. 따라서, 본 논문에서는 구체적으로 전압 사고 시 계통연계 유지에 대한 요구사항이 적혀 있는 최신 국제 표준 문서인 P2800 문서의 내용을 소개하고자 한다.

P2800의 경우 실제로 발생하는 사고의 특성을 고려해 계통연계 규정을 정의했다. 심각한 태풍이 발생한 경우를 생각해보면 저전압 사고가 한 번만 발생하는 것이 아니라, 저전압 사고가 발생하고, 이에 따라 차단기가 동작하고, 또다시 저전압 사고가 발생하는 방식으로 저전압 사고가 순차적으로 여러 번에 걸쳐 발생할 수 있다. 한국전력공사의 계통연계 규정의 경우 시간을 단순히 시간으로 정의했지만 P2800은 누적 시간의 개념을 사용하고 있고, 여기에는 Multiple LVRT에 대한 개념이 들어있다. 즉, 여러 번 저전압 사고가 발생하더라도 규정된 조건 내에서는 계통연계를 유지하라는 내용이다.

2. 전압사고시 계통연계 유지 요구사항

2.1 LVRT/HVRT 요구 성능

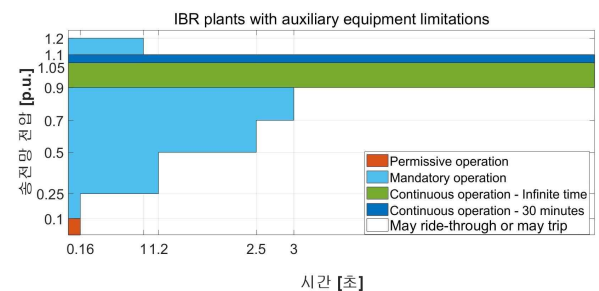


그림 1. Voltage ride-through 요구사항

P2800의 경우 IBR(Inverter Based Resource)에게 요구되는 송전계통 연계 규정을 정의하고 있다. 그림 1은 해당 내용 중 전압 사고 시 계통연계 유지 요구사항에 대한 내용으로, 송전망 전압의 크기에 따른 계통연계 유지 요구 시간을 정의하고 있다. 해당 시간은 누적 시간이다. Continuous operation- 30 minutes의 경우 첫 번째 사고가 발생하고 1시간 동안의 누적 시간이고, 나머지 경우는 10초간의 누적 시간을 의미한다.

2.2 Multiple LVRT

2.1에 나와 있는 그림 1을 만족하는 상황에서는 인버터가 계통에서 탈락하는 것이 허용되지 않는다. 그림 1에서의 시간은 누적 시간을 의미하므로, 해당 누적 시간을 만족하지 않는다면

10번 사고가 발생해도 계통연계 유지를 해야 한다는 것을 의미한다. 이처럼 무한정의 횟수를 허용하는 것이 아니라, P2800의 경우 다음 7가지 경우에 대해 계통으로부터 탈락하는 것을 허용하고 있다.

- 10초 동안 continuous operation 영역을 4번 넘게 벗어남
- 120초 동안 continuous operation 영역을 6번 넘게 벗어남
- 30분 동안 continuous operation 영역을 10번 넘게 벗어남
- 이전 사고가 회복된 지 20 cycle 이내에 사고가 발생함
- 10초 동안 정격 전압의 50% 밑으로 떨어지는 큰 규모의 저전압 사고가 2번 넘게 발생함
- 풍력 발전용 인버터의 경우 연속적인 전압 사고가 기계적인 공진을 발생시켜 안전에 문제가 될 수 있음

위의 7가지 경우를 만족한다면 그림 1에서 계통연계 유지를 요구하는 상황이라도 인버터가 계통에서 탈락하는 것을 허용한다.

3. 시뮬레이션

PowerFactory를 이용해 풍력 발전단지를 모의하고, 저전압 사고가 발생했을 때 LVRT가 탑재되지 않은 경우, Single LVRT가 탑재된 경우, Multiple LVRT가 탑재된 경우로 나누어 인버터의 출력 파형을 관찰했다.

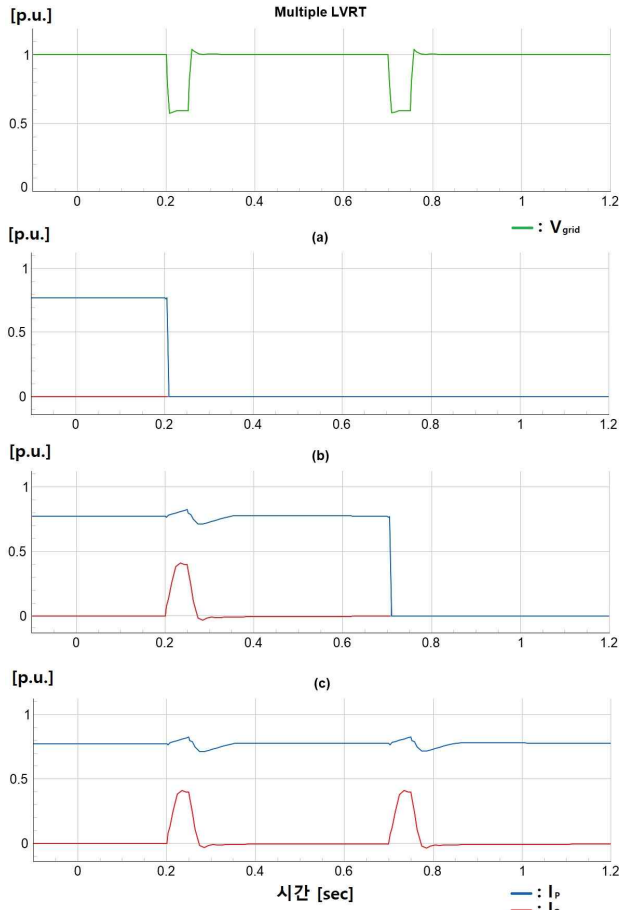


그림 2. Multiple LVRT 시뮬레이션 결과
(a) No LVRT (b) Single LVRT (c) Multiple LVRT

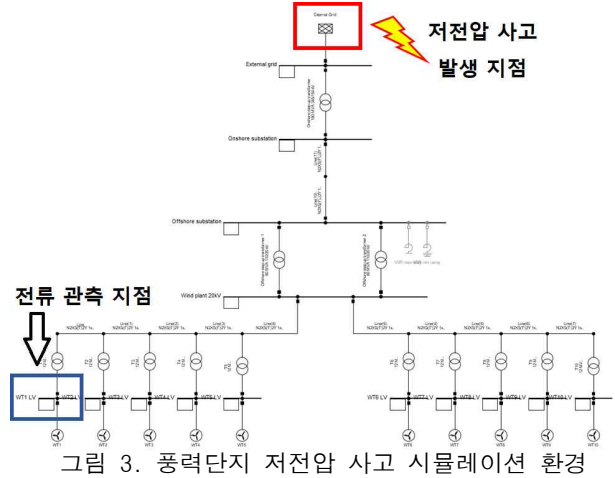


표 1 시뮬레이션 결과 요약

LVRT Type	1 st Fault	2 nd Fault
No LVRT	X	X
Single LVRT	O	X
Multiple LVRT	O	O

O : FRT, X : Trip

4. 결론

재생에너지의 발전 비율을 현재 수준보다 훨씬 높은 수준으로 증가시키기 위해서는 점차 재생에너지 발전기에 요구되는 책임이 강화되는 추세이다. 특히 실제 저전압 사고의 경우 짧은 시간 안에 여러 번 겹쳐 발생할 수 있다는 사실을 염두에 두고, 여러 번 발생하는 사고에 대해 어느 정도의 성능을 요구할지 구체적으로 규정에 명시될 필요가 있다. 한국의 계통연계 규정에서는 연속적인 다수의 FRT에 대한 내용이 아직 구체적으로 명시되어 있지 않지만 해외에서는 구체적으로 요구사항이 명시된 그리드코드(가)가 발표되고 있다. 따라서, 이러한 선진국의 그리드코드는 기술적 배경 이해와 검토를 통해 좋은 참고 자료를 제공한다.

참고 문헌

- [1] 김수빈, 송승호.(2020).2020년 7월 개정된 신재생발전기 계통연계 규정의 전력계통 지원 기능 요구조건. 전력전자학회지,25(5),45-50.
- [2] IEEE, "IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Inverter-Based Resources (IBRs) Interconnecting with Associated Transmission Electric Power Systems", 2022. 02.
- [3] 산업통상자원부, 제 10차 전력수급기본계획(2022~2036), 2023. 01.
- [4] 한국전력공사, 신재생발전기 송전계통 연계 기술기준, 2021. 03.