

신재생 에너지 발전시스템의 LVRT 제어 방안

김진홍, 현병조, 박준성, 최준혁
전자부품연구원

LVRT Control Methods of Renewable Energy Generation Systems

Jin Hong Kim, Byongjo Hyon, Joon Sung Park, Jun Hyuk Choi
Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

최근 신재생 에너지에 대한 관심이 높아지면서 계통 연계시 안정성 유지에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 계통의 안정성을 유지하기 위해 각국에서는 계통 연계 규정들을 통해 규제하고 있다. 본 논문은 계통연계형 신재생 에너지 발전 시스템에서 계통 사고 상황시 만족해야하는 LVRT (Low Voltage Ride Through) 규정과 이에 따른 제어 방안에 대한 논문이다. LVRT 규정은 계통 전압 사고시 전압 감소율에 따라서 발전시스템이 계통에 연계되어 있어야하는 조건, trip시킬 조건 및 계통 회복시간등에 대해 규정해 놓았다. 이러한 규정에 따라서 전압 감소율 및 회복 시간에 따라서 무효전류를 공급해주어야 한다. 본 논문에서는 각국의 grid code에 대해 살펴보고 계통 사고 상황시 계통연계형 신재생 에너지 발전시스템의 LVRT 제어 방안을 개발하였다. 이 제어 방안은 시뮬레이션을 통해 그 유효성을 검증하였다.

1. 서론

최근 태양광, 풍력, 파력 등과 같은 신재생에너지를 전력원으로 대용량 발전하는 사례는 우리나라뿐만 아니라 세계적으로 확대 되고 있는 추세이다. 이러한 신재생에너지를 가지고 발전하는 용량이 매우 커지고 있는 추세에서 출력의 불확실성으로 인한 발전된 전력이 접속되는 계통에 미치는 영향은 계통 운영자 입장에서는 무시할 수 없는 부분이 되고 있다. 이에 따라 계통 연계 규정(Grid Code)을 만들어 그 영향을 최소화 하도록 하고 있다. 그중에서도 Low Voltage Ride Through(LVRT) 규정 혹은 Fault Ride Through(FRT) 규정은 계통 전압 사고 시 발전 시스템이 지켜야 할 부분들을 전압 감소율과 사고 시간에 대해 나타내고 있다. 본 논문에서는 각국의 grid code^{[1] [2]}에 대해 살펴보고 저전압 사고상황을 재현할 저전압사고모의장치를 개발하였다. 또한 독일 계통 규정에 기준에 맞추어 계통 사고 상황시 계통연계형 신재생 에너지 발전시스템의 LVRT 제어 방안을 개발하였다.

2. 시스템 구성 및 제어기 설계

2.1 LVRT 규정

그림 1은 국가별 Grid code를 나타낸다.

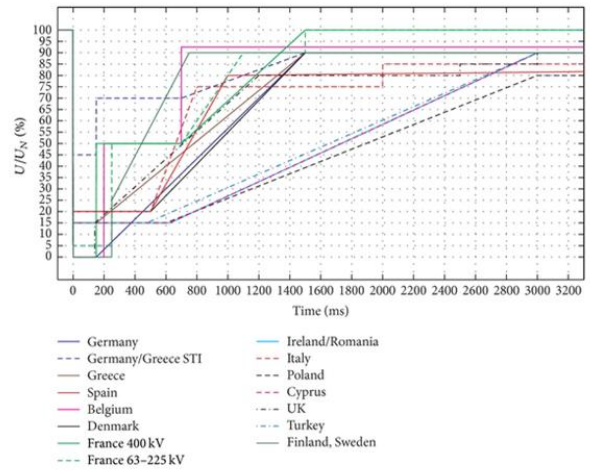


그림 1. 각 국가별 Grid Code

주요 국가들의 Grid code에 대해 살펴보면, 덴마크는 전압 감소 레벨이 25%이며, 회복 시간은 1초, 저전압 지속시간은 100ms의 규정을 갖고 있다. 가장 엄격하다고 하는 독일 규정을 살펴보면 전압 감소 레벨이 0%, 회복시간은 1.5초, 저전압 지속시간은 150ms이다.

2.2 신재생에너지의 LVRT 제어

그림 2는 독일의 LVRT 규정을 나타낸다. 계통전압의 10%에 해당하는 전압 강하시 저전압사고를 인지하고 20ms 안에 각 전압 강하 비율의 2배에 해당하는 무효전류를 공급할 수 있어야 한다. 50%이상 전압 강하시 정격의 무효전류를 공급할 수 있어야 한다.^{[2] [3]}

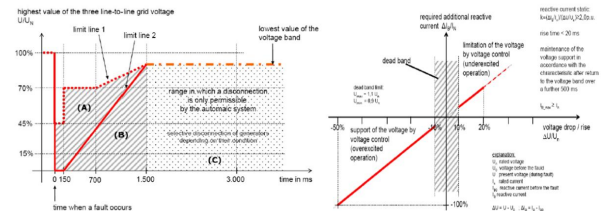


그림 2. 독일 Grid Code 및 무효전류 공급 규정

독일의 LVRT 규정에 따라 전압감소율에 따른 무효전류 공

급은 아래와 같다.

$$I_d^* = \begin{cases} 2\Delta V \times I_{rated} & 10\% < \Delta V < 50\% \\ I_{rated} & 50\% < \Delta V \end{cases} \quad (1)$$

그림 3은 LVRT 제어 시스템의 블록도를 나타낸다. 부하측 모터의 제어를 통해 풍력 혹은 파력 등의 에너지원의 움직임을 나타내고 발전기제어를 통해 에너지를 추출한다. 계통 컨버터 측에 전압사고 모의 장치를 구현하여 LVRT 상황을 재현하였다. 저전압 사고 모의 장치는 여러 가지 방법 중에서 transformer 타입의 저전압 사고모의 장치를 적용하였다. 여러 대의 transformer를 통해서 전압 강하 레벨을 5%단위로 제어할 수 있으며 각 국의 Grid code를 적용가능한 UI를 구현하였다.

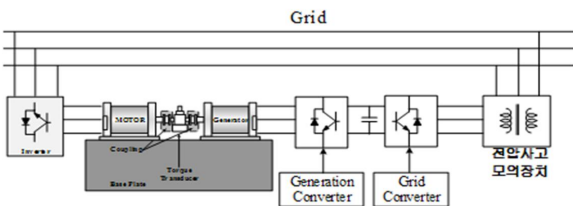


그림 3. LVRT 제어시스템 블록도

3. 시뮬레이션

그림 4는 구현한 저전압 사고 모의 장치를 나타낸다.



그림 4. LVRT 제어시스템 블록도

그림 5는 저전압 사고 모의 장치를 통해서 각 국가별 저전압 사고 모델을 재현한 시험결과이다. 왼쪽그림은 100%에서 5%로 전압 강하 후 다시 100%로 복원한 시험 결과이며 오른쪽 그림은 독일, 덴마크, 이탈리아, 캐나다의 Grid code에 맞게 저전압 상황을 재현한 시험결과이다.

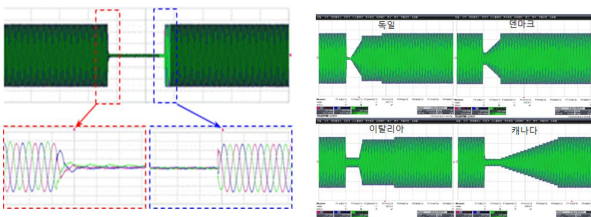


그림 5. 국가별 저전압 사고 재현 시험 결과

그림 6은 LVRT 시뮬레이션 블록도이다. PSIM을 이용하여

계통측 컨버터의 LVRT 시뮬레이션 모델을 구현하였다.

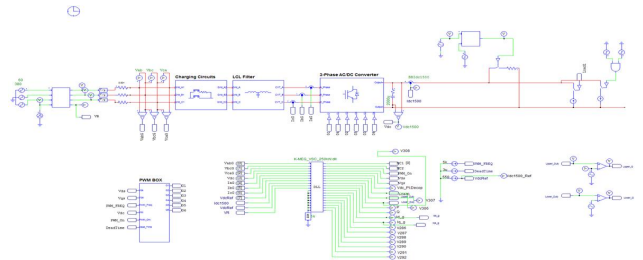


그림 6. LVRT 시뮬레이션 블록 다이어그램

그림 7은 시뮬레이션 결과이다. 독일 규정의 LVRT 규정에 맞추어 시뮬레이션을 진행하였고, 전압 감소율에 따른 무효전류 공급을 확인 할 수 있었다.

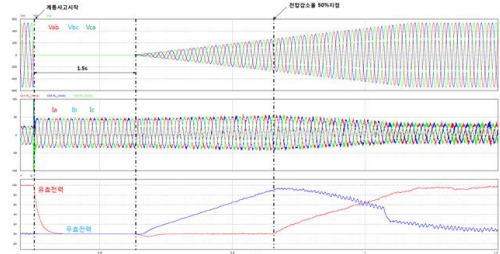


그림 7. 시뮬레이션 결과

4. 결론

본 논문에서는 신재생에너지 발전 시스템의 LVRT 제어 방안 수립에 대한 연구내용을 제시하였다. 각국의 Grid code를 분석하여 저전압 사고 모의 장치를 개발하였다. Transformer 방식의 저전압 사고 모의 장치를 이용해 주요 국가의 저전압 사고 모델을 재현하였다. LVRT 상황에서 독일 규정에 맞게 무효전류를 공급하는 알고리즘을 PSIM 시뮬레이션으로 구현하였다.

이 논문은 해양수산부의 해양청정 에너지개발사업 "10MW급 부유식 파력 해상풍력 연계형 발전 통합제어기술 개발"의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] M.Tsili, S. Papathanassiou, "A review of grid code technical requirements for wind farms," Renewable Power Generation, IET, vol.3, no.3, pp. 308-332, Sep 2009
- [2] Grid Code, High and extra high voltage, EON Netz, German TSO
- [3] 이경준, 이종필, 유동욱, 김희제, 유지훈, "PMSG풍력 발전 시스템의 LVRT 제어 전력", 전력전자학회 2011년도 학술 논문집, pp.257-258