

PMSG 풍력 발전 시스템의 LVRT 제어 전략

이경준*, 이종필**, 유동욱**, 김희제*, 유지윤***
 부산대학교*, 한국전기연구원**, 고려대학교***

Control Strategy for grid-connected inverter Based PMSG Wind Energy System

Kyoung Jun Lee*, Jong Pil Lee**, Dong Wook Yoo**, Hee Je Kim*, Ji Yoon Yoo***
 Pusan National University*, Korea Electro-technology Research Institute**, Korea University***

ABSTRACT

풍력 발전 시스템은 경제성이 비교적 높은 신재생 에너지 시스템으로 전세계적으로 대규모 단지를 조성하여 전력계통과 연계하여 운용되고 있다. 풍력 발전 단지의 계통에 대한 영향력이 커짐에 따라 독일, 덴마크, 캐나다 등 세계 각국의 계통 연계 기준이 강화되어, 기존과 달리 계통에 협조적인 풍력 발전 시스템이 요구되고 있다. 본 논문에서는 국가별 계통 연계 기준을 만족할 수 있는 간단한 LVRT 제어 전략을 제시하며, 10kW급 계통 연계 인버터와 계통 사고 모의 장치를 통하여 다양한 계통 사고 상황에 대한 제어 전략의 타당성을 검증하였다.

를 가지며, 정상상태에서 풍력 발전기측 컨버터에서 발생하는 유효전력은 계통측 인버터를 통해 계통으로 주입되며, DC Link 전압은 일정하게 유지된다. 일반적으로 계통 저전압 발생시 기계적인 제어는 풍력 발전기 블레이드의 피치 제어를 통해서 입력 전력량을 줄이게 된다. 그리고 발전기측 컨버터는 토크 제어를 하여 DC Link 전압을 일정하게 유지하도록 제어한다.

본 논문에서는 위와 같은 제어를 통해 DC Link 전압은 정상상태 및 저전압 발생시에도 일정하다고 가정하고 계통측 인버터의 LVRT 제어 전략을 제시한다. 아래의 그림 1은 계통 연계 기준의 한 예시이며, 그 기준은 나라별 계통 상황에 따라 상이하다. 따라서 이를 간단하게 하기 위하여 PU 레벨과 저전압 유지 시간에 따라 3 영역으로 구분하였다.

1. 서 론

전 세계적으로 풍력 발전기의 대형화 추세에 따라 점차 대규모 풍력 발전단지의 계통 연계 시 필요한 규정이 추가 되고 있는 상황이다. 그 중에서 Low voltage ride through (LVRT) 기능은 대규모 풍력단지에 필수적으로 요구되는 기능이다. LVRT 기능은 2003년에 독일의 E.ON Netz에서 최초로 도입하였으며, 이 기능은 계통 저전압 발생시 기존 계통 연계형 Power conditioning System (PCS)와 달리 무효 전력을 공급함으로써 계통 회복에 기여할 수 있도록 위함이다.^[1,3] 기존의 대부분의 연구는 Doubly fed induction generator (DFIG) 타입의 경우에서 LVRT 제어 전략 또는 풍력 발전기측 제어가 대부분이었다.

본 논문에서는 Permanent magnet synchronous generator (PMSG) 타입에서의 LVRT 제어 전략을 제시하고 나라별 계통 연계 기준에 따른 LVRT 기능 구현에 초점을 두었다. PMSG 타입에서 전력변환 장치는 크게 발전기측 컨버터와 계통 연계측 인버터로 Back to back (BTB)으로 구성된다. BTB의 DC Link 전압은 일정하다고 가정하고, 10kW급 계통 연계형 인버터와 계통 시뮬레이터를 이용하여 제안한 LVRT 제어 전략을 구현 및 검증하였다.

2. 본 론

2.1 LVRT 제어전략

PMSG 풍력발전기의 전력변환 장치는 간단하게 BTB 형태

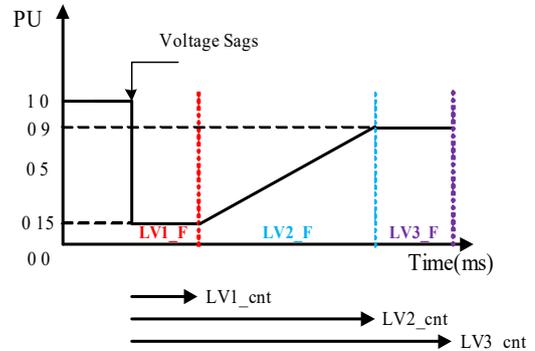


그림 1 LVRT 제어 전략
 Fig. 1 Control Strategy of LVRT

제안하는 제어전략에 따라 아래 표와 같이 파라미터를 정리하였다.

표 1 계통 연계 기준 파라미터
 Table 1 Grid Code - Parameter

Country	Voltage (%)			Time (msec)		
	LV1	LV2	LV3	LV1_cnt	LV2_cnt	LV3_cnt
Ireland	15	90	90	625	3000	
Italy	20	75	90	500	800	2000
Germany	0	70	90	150	750	1500
Denmark	25	75	75	150	750	
Spain	20	80	95	500	1000	15000
All together	0	15	90	150	625	180000

계통 저전압 발생하기 전 발전기측에서 발생하는 전력으로부터 유효 전류값을 계산한 후 이 전류값을 이용하여 1 PU에 2배에 해당되는 무효 전류가 주입되며 정격전류에 해당하는 값으로 제한된다. 유효 전류 또한 PU level에 비례해서 주입되며, 계통 연계 기준에 따르면 50% 이상의 전압 Sag에 대해서는 무효 전류만 주입이 된다.

2.2. 계통 연계 기준에 따른 시뮬레이션

10kW급 계통 연계 인버터의 하드웨어와 같은 파라미터로 PSIM에서 LVRT 기능을 검증하였다. 계통 선간전압 380V, 계통 주파수 60 Hz, 필터 인덕터 3 mH, 변압기 턴비는 1:1로 구성하였다.

시뮬레이션에서는 Ireland의 계통 연계 기준을 적용하였으며, 50% sag 및 14% sag의 시나리오를 가정하였다. 계통 저전압이 발생하기 직전 발전기측 발전 전력은 5kW로 가정하였다. 1초 동안의 50% sag에서는 LVRT 기준을 벗어나지 않아서 인버터는 탈락하지 않고 계통에 무효전력을 주입하며, 2초 동안의 14% sag에서는 연계 기준을 벗어나서 바로 계통에서 바로 탈락하였다. 그림 2와 같이 50% 이상의 계통 저전압 발생시 무효 전류는 정격 전류까지 주입이 됨을 알 수 있다.

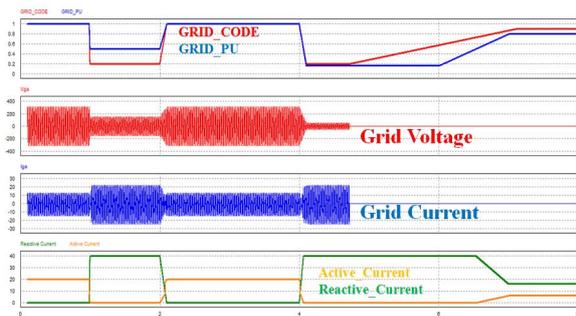


그림 2 아일랜드(Ireland)에서의 LVRT
Fig. 2 LVRT performance in Ireland

2.3 실험 및 결과 분석

그림 3과 같이 10 kW급 계통 연계 인버터와 계통 저전압 시뮬레이터를 이용하여서 시뮬레이션을 통해 검증한 Ireland의 계통 연계 기준에 따른 LVRT 기능을 검증하였다.

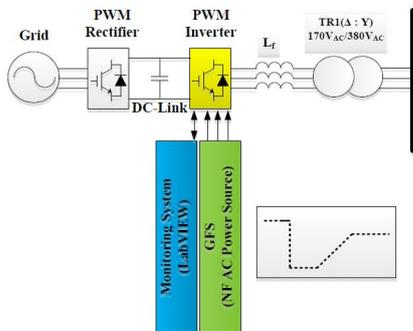


그림 3 실험 구성도
Fig. 3 Test Bed Set-up

먼저 1초 동안 계통 전압의 50% sag의 경우 계통 연계 기준을 벗어나지 않고, 전압이 회복하였으므로 계통 저전압 구간 동안 최대의 무효 전류를 주입하게 된다. 실험에서는 계통 저전압 직전의 발전 전력을 10kW로 가정하였으므로 무효전류의 rms 값은 정상상태에서의 유효 전류 rms 값과 같다. 2초 동안의 50% sag가 발생하였을 때는 LVRT 기준 (약 1733 msec 지점)을 벗어나서 바로 계통으로부터 탈락하게 됨을 보여준다.

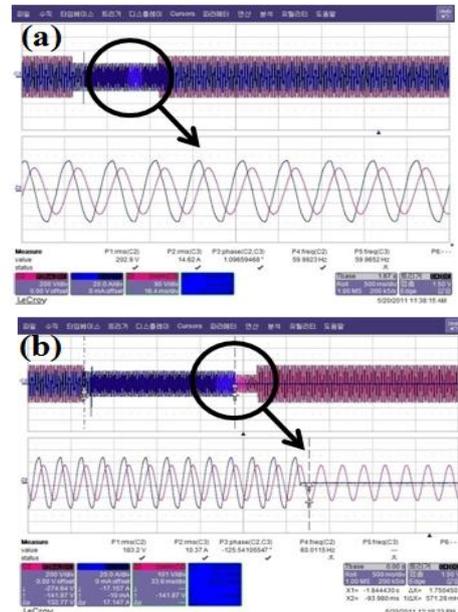


그림 4(a) 1초 동안 50% sag 발생시 (b) 2초 동안 50% sag 발생시
Fig. 4 (a) 50% sag for 1 sec (b) 50% sag for 2 sec.

제한한 방법을 이용하여, 3상 평형 저전압 발생시의 LVRT 기능을 구현하였으며, 10kW급 계통 연계 인버터를 통하여 검증하였다.

3. 결론

본 논문에서는 PMSG 풍력 발전 시스템에서 계통 연계측 인버터의 간단한 LVRT 제어 전략을 제시하였다. 나라별로 다른 LVRT 프로파일을 3영역으로 나눠 파라미터를 정리하고, 계통 연계 기준에 따라, 무효 전력을 주입하였다. 시뮬레이션과 실험을 통해 검증하였으며, 앞으로 3상 불평형 저전압 발생시 LVRT 기능을 추가하여 실험할 계획이다..

참고 문헌

- [1] "High and extra high voltage", E.ON Netz, Aug. 2003, Germany. [Online].
- [2] I. Erlich and U. Bachmann, "Grid code requirements concerning connection and operation of wind turbines in Germany," Proc. IEEE Power Eng. Soc. Gen. Meet., Vol. 2, pp. 1253-1257, Jun. 2006
- [3] I. Erlich, W. Winter, and A. Dittich, "Advanced grid requirements for the integration of wind turbines into the German transmission system", Proc. IEEE Power Eng. Soc. Gen. Meet., Vol. 1, pp. 18-22, Jun. 2006