

# 저압연계에서 태양광인버터의 LVRT 제어기 설계

민준기

한밭대학교 전기시스템공학과

## Controller design of PV inverter LVRT function in Low Voltage Grid Connection

Joonki Min

Department of Electrical System Engineering, Hanbat National University

### ABSTRACT

태양광발전설비 보급확대에 따른 전력계통의 안정도 확보를 위해 태양광인버터 계통안정도 향상을 위한 기능들의 추가가 요구되고 있다. 계통안정도 향상 기능 중 가장 대표적인 것이 LVRT(Low Voltage Ride-Through)이고, 태양광인버터의 계통연계에서 효과적으로 LVRT 기능을 수행하기 위한 제어기 설계 방법을 제안하고 이를 PSIM 시뮬레이션 및 실험을 통해 검증하였다.

### 1. 서론

최근 신재생 에너지의 보급이 늘어나면서 계통 연계시 계통 안정도 향상에 대한 많은 연구가 이루어졌고, 이에 따라 계통 연계 규정에서 계통안정도 지원 기능이 유럽과 일본에서는 이미 요구되었고, 2018년 IEEE std. 1547이 개정되어 미국에서도 요구되고 있다. 이와 같이 신재생에너지를 전원으로사용하는 분산전원의 비율이 증가함에 따라 계통 안정도 유지 및 향상을 위해 각국에서는 계통 연계 규정(Grid Code)을 통해 전력계통 안정도 지원 기능을 요구하고 있다. 본 논문은 계통연계형 신재생 에너지 발전 시스템에서 계통 사고 상황시<sup>[3]</sup> 만족해야하는 LVRT(Low Voltage Ride Through) 규정과 이에 따른 제어 방안에 대해 고려한다. LVRT 규정은 계통 사고 발생에 따른 전압 감소에 따라 분산전원이 계통에 연계되어 있어야하는 조건, Trip 시킬 조건 및 계통 회복시간 등에 대해 규정해 놓았다<sup>[1][4]</sup>. 이러한 규정에 따라서 전압 감소 시간 및 회복 시간에 따라서 무효전류를 공급을 요구하는 경우가 있다. 본 논문에서는 각국의 grid code에 대해 살펴보고 계통사고 상황시 계통연계형 신재생 에너지 발전시스템의 LVRT 제어 방안을 제안하였다. 이 제어방안은 시뮬레이션 및 실험을 통해 그 유효성이 검증하였다.

### 2. 시스템 구성 및 제어기 설계

#### 2.1 LVRT 규정

LVRT는 국가별로 다른 요구사항을 가지고 있으며, 국가별로도 저압(LV: Low Voltage)과 특고압(MV: Medium Voltage)에 따라서 다른 요구사항을 가지고 있다. MW급 태양광인버터의 경우는 대부분 MV 연계이므로 LV를 고려할 필요가 없겠지만, MW급 설치가 가능한 스트링 인버터의 경우는 LV연계

뿐만아니라 MV 연계까지 고려가 필요하다. 그림1과 2에서 LV와 MV에서의 요구사항을 나타내고 있다. 공통점은 정격의 0% 전압 감소에 대해 200ms이내 기준은 동일하고 그 이후 시간에 대해서는 차이가 발생한다. 하지만 스트링 인버터는 병렬로 운전하여 MW급으로 설치되기 때문에 설정에 의해서 LV 연계와 MV 연계로 구분한다. 특정 지역이나 국가에서는 전압감소율에 따른 무효전류 공급을 필수적으로 요구하는 경우가 있다.

현재 국내에서도 20MW이상의 신재생발전기에 대해서 LVRT가 요구되고 있으며, 태양광 발전과 같은 신재생 전원 분산전원의 보급이 커짐에 따라 LV 및 MV 연계에서도 요구 될 것으로 예상된다.

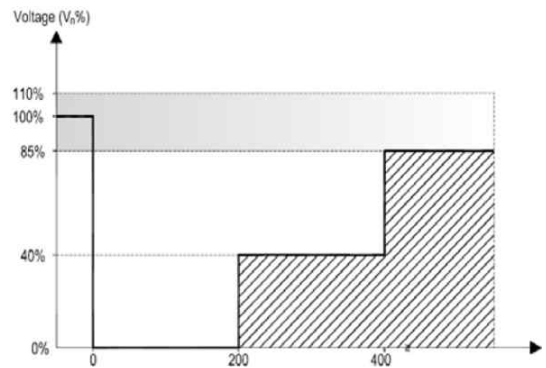


그림 1 LV 연계에서 요구사항  
Fig. 1 A grid code in LV Connection

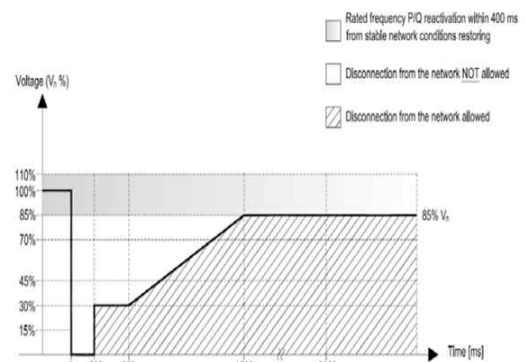


그림 2 MV 연계에서 요구사항  
Fig. 2 A grid code in MV Connection

## 2.2 LVRT 제어

그림 3은 PSIM 시뮬레이션 회로이다. MPPT 기능 동작 확인을 위해 태양광 모듈 모델을 사용하였고, T-type 3 레벨 회로를 사용하였고, C블럭을 이용하여 제어기를 구성하였고, LV 연계 및 MV 연계를 모두 구현할 수 있도록 계통을 구성하였다.

그림 4는 LVRT 전류 제어 블록 다이어그램이다. 전압강하 검출 알고리즘<sup>[2]</sup> 내용이 포함되어 있다.<sup>[5]</sup>

그림 5와 6은 특고압에서 전압 차단시 저압에서의 전압을 보여주고 있다. 그림 5는 특고압에서 3상 차단, 그림6은 특고압에서 1상 차단시의 PLL 출력 파형을 보여주고 있다.

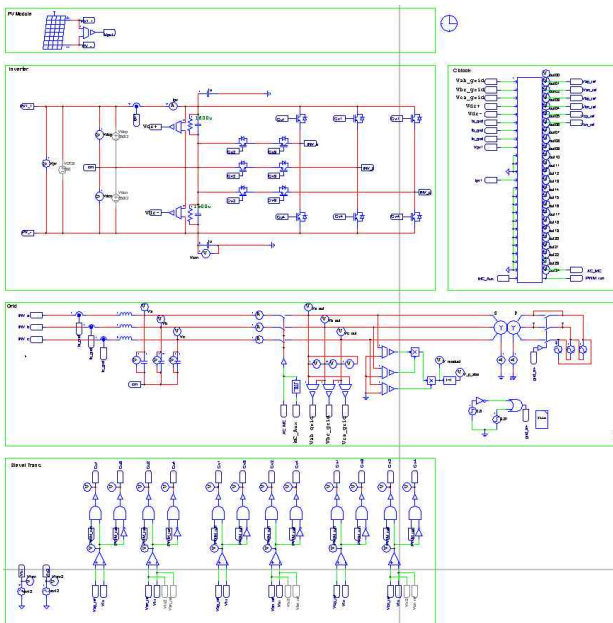


그림 3 PSIM 시뮬레이션 회로  
Fig. 3 PSIM Simulation circuits

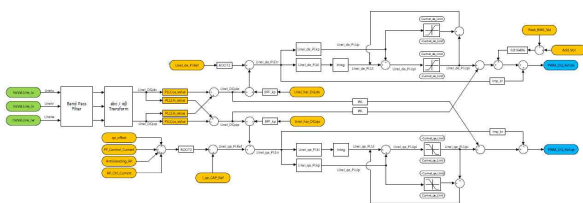


그림 4 전류 제어 블록도  
Fig. 4 A Current control block diagram

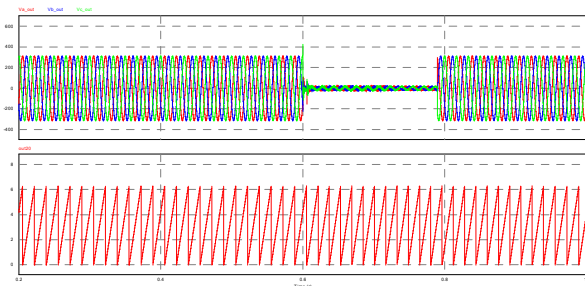


그림 5 3상 차단에서 PLL 출력 파형  
Fig. 5 PLL output waveforms in 3 phase disconnection

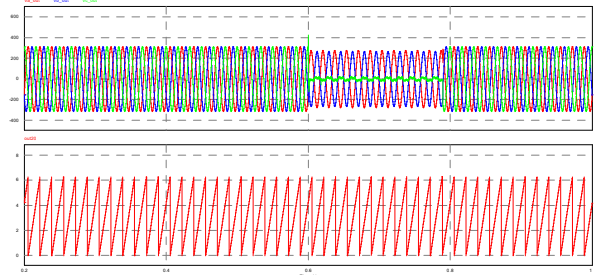


그림 6 1상 차단에서 PLL 출력파형  
Fig. 6 PLL output waveforms in single phase disconnection

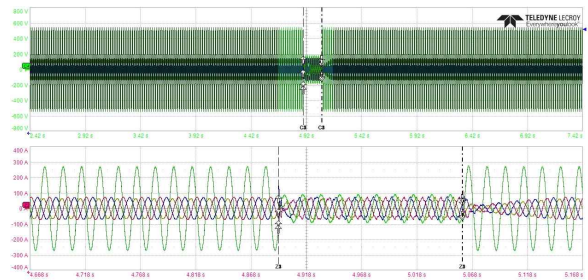


그림 7 200ms 이내(160ms) 차단시 동작 파형  
Fig. 7 Operation waveforms under 200ms

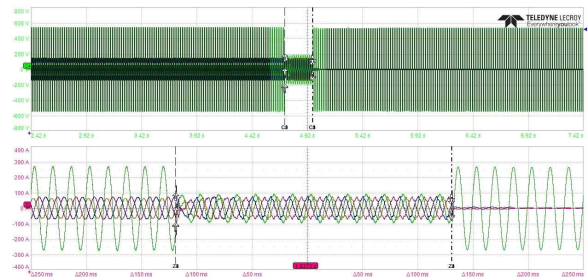


그림 8 200ms 초과 차단시 동작 파형  
Fig. 7 Operation waveforms over 200ms

## 3. 결론

본 논문에서 3상 전압강하 조건에서 동작하고 전압복귀시 신속하게 유효전력을 발전함과 동시에 과전류가 발생하지 않아야 한다. 이러한 조건을 만족하기 위해 전압강하 및 전압복귀 시점과 확인하도록 하였으며, LVRT 제어기 설계 내용을 적용하여 30kW 3레벨 태양광인버터에 대해 시뮬레이션과 실험을 통해 확인하였다. 실험을 통해서 차단시간이 200ms 초과 여부를 확인하여 LVRT 동작이 유지되는 것을 확인하였다.

이 연구는 2018년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(“20001866”)

## 참 고 문 헌

- [1] F. Xiao, L. Dong, S. F. Khahro, X. Huang and X. Liao, "A Smooth LVRT Control Strategy for Single-Phase Two-Stage Grid-Connected PV Inverters", *Joural of Power Electronics*, Vol. 15, No. 3, pp.806-818, May 2015.
- [2] 황의선, 최수완, 서진범, 권효상, 조영균, 나병훈, 민준기, "3상 계통연계형 태양광 시스템의 JET 규격을 위한 LVRT 제어," *전력전자학회 하계학술대회 논문집*, pp. 261-262, 2015년 7월
- [3] 강산, Trung-Kien, 김광섭, "4.5MW 태양광 발전단지의 LVRT(Low Voltage Ride Through) 제어 시험", *전력전자학회 하계학술대회 논문집*, pp. 117-118, 2013년 7월
- [4] 김진홍, 현병조, 박준성, 최준혁, "신재생 에너지 발전시스템의 LVRT 제어 방안", *전력전자학회 하계학술대회 논문집*, pp. 113-114, 2015년 7월
- [5] 이한빛, 최상지, 조영훈, " Fault Ride Trhough 운전 시 직류 링크 전압 상승 방지를 위한 보상 기법," *전력전자학회 학술대회 논문집*, pp107-108, 2017년 11월