

다양한 국가의 계통 코드를 만족하는 LVRT 알고리즘 검증용 3상 저전압 발생장치

이종필*,이경준**,신동설**,김태진*, 유동욱*, 조동환***
한국전기연구원*, 부산대학교**, (주)스카이이노텍***

Three Phase Voltage Sag Generator for LVRT Algorithm Verification with LVRT Requirements of Various Grid Codes

Jongpil Lee*,Kyoung Jun Lee**,Dongsul Shin**,Taejin Kim*,Dongwook Yoo*,DongHwan Cho***
Korea Electro-technology Research Institute*, Pusan National University**, Skyinnotek co.,Ltd***

ABSTRACT

본 논문에서는 계통 이상 시 요구되는 대용량 분산발전용 계통연계형 PCS의 LVRT(Low Voltage Ride Through) 알고리즘을 시험하기 위한 저전압발생장치를 제안한다. 제안한 저전압 발생장치는 변압기 tap 변경 방식을 적용하여 원하는 시점과 전압레벨에 저전압 조건을 만들 수 있는 시스템을 구성하고 대용량 확장성을 고려하여 모든 나라의 LVRT 계통 코드를 만족할 수 있다. 제안한 저전압 발생 시스템의 나라별 LVRT 코드 발생 특성을 살펴보고 10kVA급 저전압발생 시스템을 통해 유용성을 확인한다.

1. 서론

현재 태양광, 풍력 등과 같은 신재생에너지를 전력원으로 대용량 발전하는 사례는 우리나라뿐만 아니라 세계적으로 확대되고 있는 추세이다. 이러한 신재생에너지를 가지고 발전하는 용량이 늘어날수록 접속되는 계통에 미치는 영향은 계통 운영자 입장에서는 무시할 수 없는 부분이 되고 있다. 따라서 그림 1과 같이 유럽을 비롯한 주요 선진국에서는 대용량 계통연계형 전력변환장치의 경우 각 나라마다 LVRT 규정을 제정하여 이에 대한 규제를 하고 있는 실정이다[1] [4]. 현재 계통연계형 전력변환장치의 LVRT 알고리즘을 검증하기 위해서는 주요 나라의 LVRT요구 규정을 만족할 수 있는 저전압 발생장치가 필수적으로 요구되고 있다. 본 논문에서는 각 상의 전압을 독립적으로 제어 할 수 있으며 모든 나라의 LVRT 규정을 만족할 수 있는 LVRT 알고리즘 검증용 저전압 발생장치를 제안한다. 10kVA급으로 주요 나라 LVRT 규정을 만족할 수 있는 시제품을 제작하고 10kW급 계통연계형 PCS와 LVRT 통합시험을 통해 본 제안에서 적용한 방식의 우수성을 검증한다.

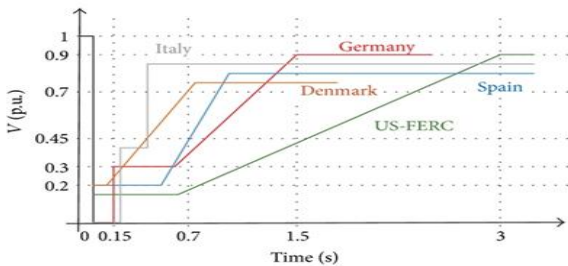


그림 1 주요국 LVRT 규정
Fig. 1 The LVRT Requirements of Major Nation

2. 본론

2.1 3상 저전압발생장치 개요

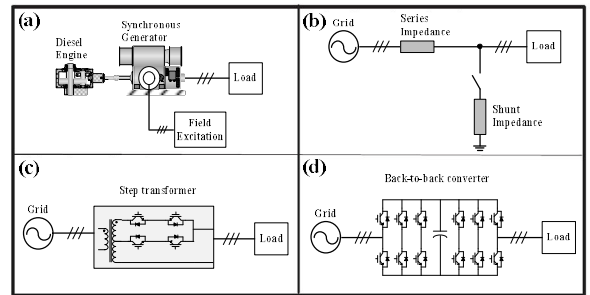


그림 2 저전압발생장치 종류

Fig. 2 The Voltage Sag Generator Scheme

그림 2는 주요 저전압 발생장치에 대해 설명하고 있다. 그림 2(a)는 발전기를 이용한 방식으로 실제 계통의 상황과 거의 유사한 조건이다. (b)방식은 인덕터의 값을 이용하여 저전압을 발생하는 방식으로 매우 간단하지만 저전압 시 사고전류를 고려하여 인덕터를 설계해야 한다. (d)는 Back to Back 전력변환장치를 이용하여 구현하는 방식으로 속속성은 뛰어나지만 제어 가 다소 복잡한 측면이 있다. (c)의 경우는 Step transformer를 적용하여 구현한 방식으로 변압기 tap을 효율적으로 설계하여 변압기 tap 절체 시간만 제어하면 손쉽게 저전압을 얻을 수 있는 장점이 있다.

2.2 제안한 3상 저전압 발생장치

본 논문에서 적용한 방식은 그림 3과 같다. N개의 변압기 1차단은 병렬연결 되어 있고 변압기 2차단은 직렬 연결되어 있다. 변압기 턴비는 N:1로 구성되어 있다. 출력전압은 반도체 스위치의 동작에 의해서 결정된다. 이때 반도체 스위치 \overline{A}_1, A_1 은 상보된 스위칭 동작을 한다.

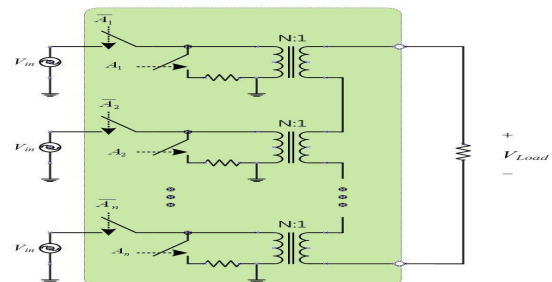


그림 3 제안한 저전압발생장치 개념도

Fig. 3 Block diagram of Proposed Voltage Sag Generator

예를 들어 첫 번째 변압기에 결선된 스위치($\overline{A_1}$)가 켜지면 A_1 은 꺼져 있는 상태가 되고 이때 변압기 2차단에 출력되는 전압은 V_{IN}/N 이 된다. 따라서 각 N번째 스위칭 동작에 의해서 전체출력 전압을 결정할 수 있는 구조이다. 이러한 방법을 3상으로 확장 가능하고 각 상별 제어가 가능하여 결상 시험 및 전압 변동 시험이 가능하다.

2.3 실험 결과

표 1 시스템 사양

Table 1 The system parameters

정격 용량	10	KVA
입력전압	380(3상4선식)	Vac
시험전압	3상 220(단상 3개)	Vac
저전압 Step	11(5%)	V
최대 전류	45	Aac
LVRT Grid code	주요 선진국 규정	

표 1은 본 논문에서 제안한 방식의 저전압발생장치 시스템의 사양을 보여주고 있다. 제안한 방식의 유용성을 검증하기 위해 10KVA급의 시제품을 제작하였고 주요 선진국의 LVRT 규정을 만족할 수 있게 설계 되었다. 그림 4는 제안한 저전압 발생장치를 통한 계통연계형 PCS LVRT 시험 구성 사진이다.

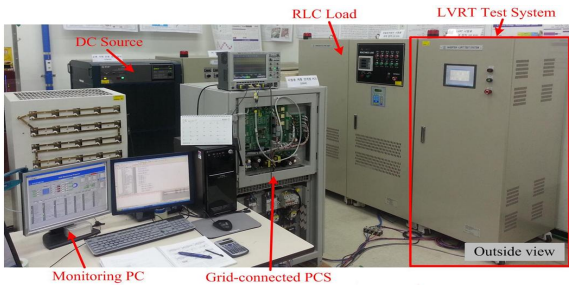


그림 4 계통연계형 PCS LVRT 시험 구성

Fig. 4 LVRT Test equipments for grid-tied PCS

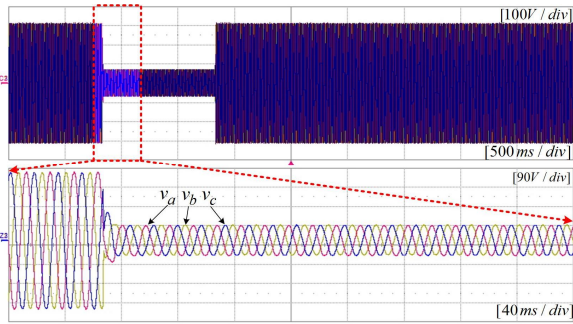


그림 5 평형 전압 sag시 파형

Fig. 5 Experimental results of balanced voltage sag

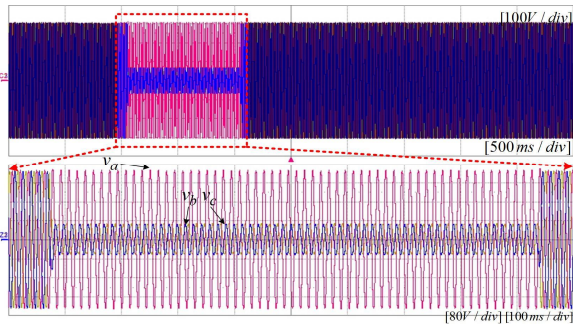


그림 6 불평형 전압 sag시 파형

Fig. 6 Experimental results of unbalanced voltage sag

그림 5와 6은 균형 상태와 불균형 상태의 저전압을 발생하는 것을 보여주고 있다. 또한 주요국의 LVRT 규정을 만족하는 저전압을 모두 구현 할 수 있다.

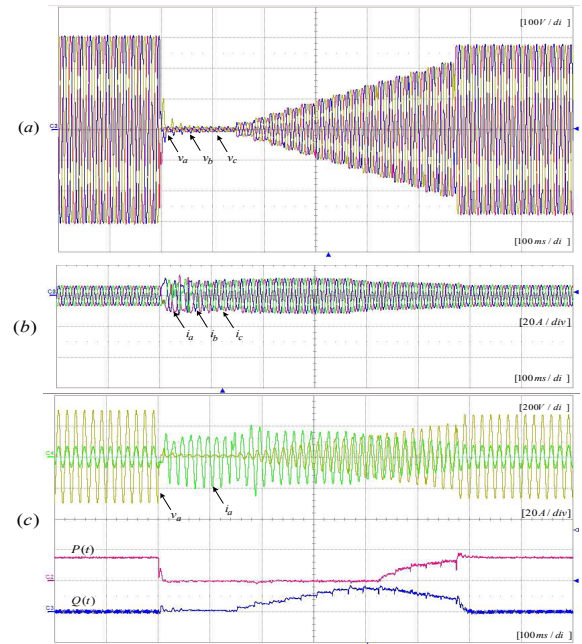


그림 7 PCS LVRT 성능 시험(독일, EON)

Fig. 7 LVRT performance of PCS(German, EON)

그림 7은 여러나라의 LVRT 규정 가운데 독일 규정[4]을 적용하여 PCS와 제안한 저전압 발생장치와 연계 시험 과정이다. 독일 LVRT규정에 맞게 제안한 장치에서 저전압을 발생하고 있고 PCS에서 이에 맞는 알고리즘에 의해 무효전력을 공급하고 있는 것을 확인 할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 계통 저전압 시 LVRT운전을 위한 핵심적인 장치인 저전압발생장치 시스템을 제안하였다. 기존 변압기를 사용하여 구성하였으며 정해져 있는 step 전압값과 시간으로 주요 선진국의 LVRT규정을 모두 만족할 수 있는 저전압을 안정적으로 발생할 수 있으며 대용량으로도 쉽게 구성할 수 있는 장점이 있다. 10KVA시제품을 통해 주요국 LVRT 규정과 PCS와의 결합 시험을 통해 유용성을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] M. Tsili and 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] Chia Tse Lee, Che Wei Hsu, Po Tai Cheng, "A LVRT Technique for Grid Connected Converters of Distributed Energy Resources," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 47, No.4, pp. 1821-1824, Jul/Aug. 2011.
- [3] IEEE1547, "IEEE standard for interconnecting distributed resources with electric power systems, 2003.
- [4] E.ON Netz, "High and extra high voltage, Germany, Aug. 2003.