

# ESS PCS의 LVRT 실증시험에 대한 연구

윤선재, 박기우, 홍진욱, 김희중, 김영근  
LS산전

## Experimental Results for LVRT of an ESS PCS

Sunjae Yoon, Kiwoo Park, Jinwook Hong, Hee-Jung Kim, Young-Geun Kim  
LSIS

### ABSTRACT

각국의 계통연계 규정에서는 계통연계 인버터에 대한 계통 안정도 기여(Grid support)를 필수로 규정하고 있다. 그 중에는 계통의 저압 이상 발생 시 계통연계 인버터가 Fault를 발생하지 않고 계통과의 동기를 유지하며 지속 동작하는 Low Voltage Ride-Through(LVRT) 기능과 저압 이상에 대한 계통 기여를 위한 무효 주입 기능이 있다. 본 논문에서는 해당 기능들을 국내 LVRT 실증 단지에서 2MW ESS PCS를 통해 수행한 결과에 대해 서술한다

### 1. 서론

전압강하와 같은 계통 사고 발생 시 신재생 발전 설비들은 계통에서 우선 분리되었다가 전압이 회복되면 재 연계하는 방식을 사용해 왔었다. 하지만 신재생 발전 설비의 증가로 인해서 같은 신재생 발전 설비들의 순간적인 탈락은 오히려 계통 안정도에 좋지 않은 영향을 미치게 되었다. 이 후 각국의 계통 규정은 전압 이상 시에 신재생 발전 설비들이 분리되지 않고 지속적으로 운전(Ride-Through) 하도록 변경 되었으며, 이 구간 동안에 계통에 협조할 수 있도록 전류를 주입하는 기능(Dynamic Voltage Support<sup>[1])</sup>도 요구되고 있다.

계통 전압 이상에 대한 지속 운전 구간과 각 구간에 대한 PCS의 동작, 그리고 계통 협조를 위한 전류 주입은 그 방식에 따라 계통 안정도에 영향을 주므로 각 국가 또는 계통 운영자에 따라 각기 다른 방식을 요구하고 있다. 자사의 ESS용 PCS는 다양한 고객의 요구에 맞춰 계통 이상 시 지속 운전 구간과 계통협조를 위한 전류 주입방식을 설정할 수 있다. 본 논문에서는 한국전력공사의 송배전용 전기설비 이용규정<sup>[2]</sup>에서 정의한 Fault Ride Through Capability Curve(그림 1)에 따른 지속운전 구간을 자사의 2MW 급 ESS PCS에 적용하여 LVRT 기능 및 계통 협조를 위한 전류 주입 기능을 국내 LVRT 실증 단지에서 시험한 결과에 대해 서술한다.

## 2. LVRT 시험 구성 및 결과

### 2.1 LVRT 실증 단지 설비 구성

그림 2는 LVRT 실증 시험의 설비 구성을 나타낸다. 배터리와 2MW PCS로 이루어진 ESS 시스템, 저압 계통 사고를 모의하기 위한 직 병렬 임피던스로 구성된 LVRT 시험 설비, 그리고 계통으로 구성되어 있다. LVRT 시험 설비는

리액터와 스위치로 구성되어 직렬 임피던스와 병렬 임피던스의 조합으로 PCS 출력 단에 저 전압을 발생 시킬 수 있다.

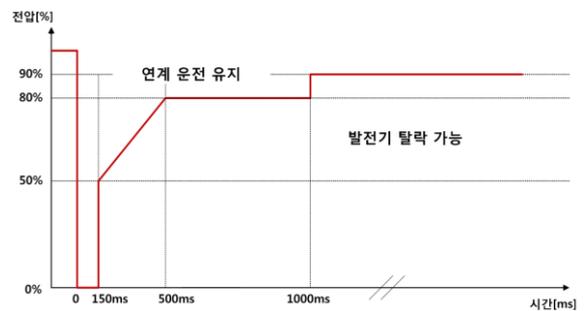


그림1. 한국전력공사 송배전용 전기설비 이용규정에 따른 Fault Ride Through(LVRT) Capability Curve

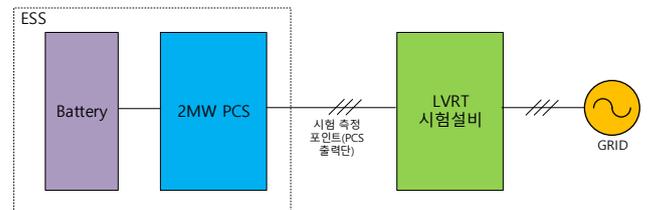


그림2 LVRT 실증 단지 설비 구성도

### 2.2 LVRT 시험 방법

LVRT 시험은 지속시간 내 복전 시험과 지속시간 이후 복전 시험으로 진행 가능하나, 본 실증시험에서는 지속시간 내 복전 시험만 시행하였다. 저압조건은 시험설비를 고려하여 정격전압 대비 0%, 50%, 70%의 전압으로 진행하였으며 각 전압강하에 해당하는 지속시간 내에 정상전압으로 복전하여 PCS는 탈락하지 않고 안정적으로 운전을 지속해야 한다. 지속시간 설정은 그림 1의 LVRT Curve가 초기 설정 값으로 설정되어있었으나 시험설비를 고려하여 표1과 같이 PCS 설정을 변경하였다. 계통협조를 위한 전류 주입기능은 전압강하의 정도에 따라 무효전류를 주입하는 보상방식을 적용하였으며, 전압강하에 대한 보상전류의 비율을  $2(A.pu/V.pu)$ 로 적용하여 정격전압 대비 50%이하로 강하될 때 정격 무효전류가 출력되도록

하였다.

저압조건 및 정상상태의 PCS 운전 조건에 따른 시험조건을 표2과 같이 정리하였다.

표1 PCS LVRT Curve 설정치

전압레벨	0%	50%	70%
지속시간	0.3s	0.6s	1.5s

표2 LVRT 실증시험 시험조건

항목	저압조건 (정격대비, 지속시간)	정상상태 PCS 운전조건 (정격대비 출력)
Case1	0%, 0.21s	0%(0전류 제어)
Case2		25%(방전)
Case3		-25%(충전)
Case4		100%(방전)
Case5		-100%(충전)
Case6	50%, 0.56s	0%(0전류 제어)
Case7		25%(방전)
Case8		-25%(충전)
Case9		100%(방전)
Case10		-100%(충전)
Case11	70%, 1.46s	0%(0전류 제어)
Case12		25%(방전)
Case13		-25%(충전)
Case14		100%(방전)
Case15		-100%(충전)

### 2.3 시험 결과

각 시험조건에서 PCS는 정상적으로 운전을 지속하였으며 저압 발생 구간에서는 무효전류를 안정적으로 주입하여 계통 협조 기능을 수행하였다. 그림 4~6은 각각 Case4, Case9, Case14의 시험조건에서 PCS의 동작을 확인할 수 있는 계통전압(C1) 및 PCS 출력전류(C2,C3,C4) 파형이다. 계통전압이 정상 운전 범위(88%) 이하로 강하되어있지만 PCS는 Trip을 발생하지 않고 각 전압강하 레벨에 따른 무효전류를 출력하고 있다. 전압 복전 후에는 전압강하 이전의 출력으로 다시 복귀하였다. 각 전압강하 발생 전 후로 LVRT 장비 내부의 스위치 동작으로 인한 과도에 의해 전압왜곡 현상이 일부(Case 4) 발생되었으며 이로 인한 PCS의 Gate Block 현상이 야기되기도 하였으나 약 5주기(80ms) 이내 다시 스위칭을 시작하여 안정하게 모든 기능을 완료하였다.

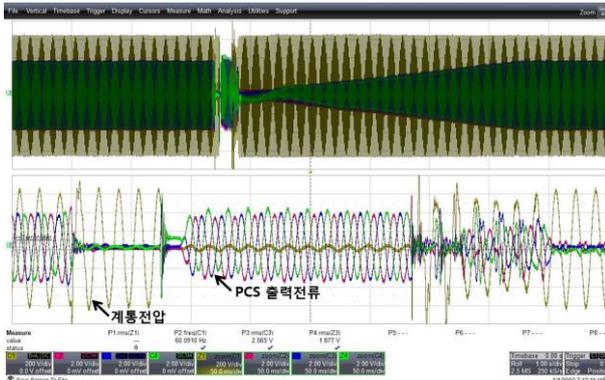


그림4. Case4 계통전압0%, 0.21s, PCS 100% 방전 중

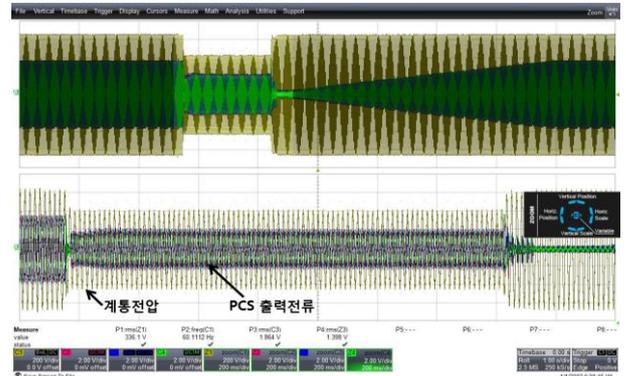


그림5. Case9 계통전압50%, 0.56s, PCS 100% 방전 중

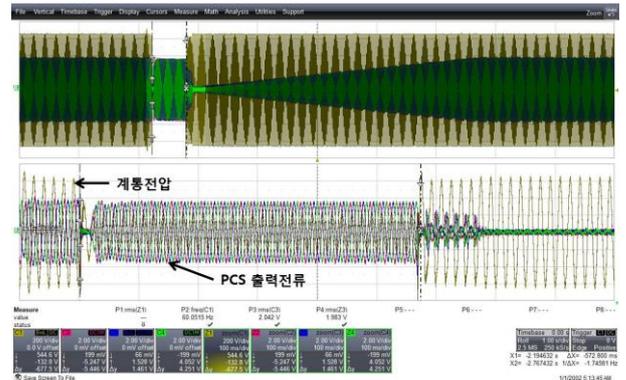


그림6. Case14 계통전압70%, 1.46s, PCS 100% 방전 중

### 3. 결론

자사의 ESS PCS의 LVRT 기능을 실제 계통에서 2MW ESS PCS를 통해 성공적으로 수행하였으며 계통 협조를 위한 무효 주입을 최대 2MVar까지 안정적으로 주입하여 기능 검증을 완료 하였다.

### 참고 문헌

- [1] IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces, IEEE Standard 1547-2018
- [2] 한국전력공사, 송·배전용 전기설비 이용규정, 2018.05.15