

## 분산형전원용 스마트 인버터의 기능 및 규정

이정민

(주) 효성

### Functions and Regulations of Smart Inverter for Distributed Resources

J.M. Lee

Hyosung Corporation

#### ABSTRACT

전력계통에서의 신재생에너지 발전원 수용한계를 극복하기 위하여 계통 운영자들은 신재생에너지원이 전력계통에 연계될 때 필수적으로 지켜야할 규정을 강화하는 방향으로 법규를 개정하고 있다. 미국 캘리포니아주는 전력계통연계 규정인 Rule21을 개정하여 UL1742 SA에 적용 예정이다. 국내 한국전력공사는 2016년 4월 8일부로 ‘분산형전원 능동전압제어 기능 적용 인버터 시험절차 개선’을 마련하고, 국내 공인인증기관에서 시험성적서 발급 중에 있다. 본 논문에서는 국내의 분산형전원용 스마트 인버터의 기능과 규정을 소개하고자 한다.

#### 1. 서론

신재생에너지의 그리드패리티가 2020년이면 실현될 것이라는 전망과 함께 세계 각국에서 친환경 기술 개발에 주력하고 이를 장려하는 정책을 펼치면서 신재생에너지 발전단가는 빠르게 하락하고 있다. 신재생에너지는 원천적으로 기후조건에 따라서 출력을 생산하는 특성을 가지고 있으므로 소비 전력량에 비해 신재생에너지 발전량이 큰 경우에는 필연적으로 전압 변동이나 주파수 변동 등의 전력 품질 문제가 생길 수 있다. 이에 따라 전력회사들은 전력계통에서의 신재생에너지 수용한계를 극복하기 위한 대응방안을 지속적으로 마련하고 있다. 최근 태양광발전 보급이 급속도로 증가하고 있는 미국의 경우 분산전원이 계통 연계점에서의 전압 조정을 금지하였던 기존 분산형전원 계통연계 기준인 IEEE1547-2003을 전력계통 관리자의 필요에 따라서 능동적인 전압 조정이 가능하도록 IEEE1547a-2014를 통해서 개정하였다.<sup>[1]</sup>

한국전력공사의 경우에도 배전계통에 설치되는 분산형전원 배전계통 연계 기술기준을 2005년부터 제정하여 총 8차에 걸쳐 개정하여 운영하고 있다. 2007년도 1차 개정에서 배전선로 연계 분산형전원 발전용량을 10MVA에서 20MVA로 확대하였고, 2012년 6차 개정에서는 특고압 및 저압 일반선로 연계용량 상향, 상시 및 순시전압변동을 기준 제정립 등을 진행하였다. 2014년 7차 개정을 통해 직류 분산전원 연계용량 판정기준을 기존 인버터 정격출력에서 사업허가 설비용량으로 변경하고, 저압연계 범위를 100kW에서 500kW로 확대하였다. 최근 분산형전원 능동전압 제어장치(DER-AVG, Distributed Energy Resources-Active Voltage Manager) 기준을 마련하여 분산전원 연계점의 전압이 규정전압을 벗어날 경우 인버터의 역률을 제어하고, 연계점 전압을 규정전압 범위내로 유지가능하게 되

었다.<sup>[2][3]</sup>

미국 캘리포니아 주는 2020년까지 분산형전원 12,000MW를 설치하겠다는 도전적인 목표를 가지고 있으며, 이러한 목표를 달성하기 위해 캘리포니아 공공시설 위원회(CPUC, California Public Utilities Commission)가 주도적으로 Rule21 개정을 목적으로 스마트 인버터 워크 그룹(SIWG)을 구성하고, 단계별로 기술적 권장사항과 시험계획 절차를 마련하고 있다. 1단계로 스마트 인버터의 기능에 대한 규정이 2014년 12월에 완료되었고, 2단계인 스마트 인버터의 통신 인터페이스에 대한 기술적 권고사항, 3단계의 스마트 인버터 상호 작동 기능에 대해서 준비 중에 있다.<sup>[4]</sup>

본 논문에서는 국내 한전의 ‘분산형전원 능동전압제어 기능 적용 인버터 시험절차 개선’과 미국 캘리포니아주 ‘Rule21’ 개정안 중에서 1단계 스마트 인버터의 기능 및 규정에 대하여 소개하고자 한다.

#### 2. 스마트 인버터의 기능 및 규정

##### 2.1 국내 분산형전원 능동전압제어 인버터 시험

이 규격은 태양광발전용 인버터의 능동전압제어를 위한 기능시험 방법 및 평가기준이며, 능동전압제어에 대한 기능인정은 다음 표에서 제시하는 시험 항목을 만족하는 경우에 인정받을 수 있다.

표 1 능동전압제어 및 시험의 종류

Table 1 Active voltage control and kinds of test

능동전압제어 구분	시험 항목		
	기능시험	기능시험	기능검토
DER-AVM 기반	역률제어기능	통신 인터페이스	HMI제공여부
인버터 단독	무효전력제어기능	전압제어기능	HMI제공여부

인버터가 유도성 부하(Inductive Load)로 동작시 지상이라고 하고, 역률은(+) 부호로, 무효전력은 (-)부호로 표기하며, 인버터가 용량성 부하(Capacitive Load)로 동작시 진상이라고 하고, 역률은 (-) 부호로, 무효전력은 (+) 부호로 표기한다. 인버터의 역률 지령값은 지상 90%, 95%, 진상 90%, 95%이며, 인버터의 역률제어 시험결과 역률 오차  $\pm 0.5\%$  이내, 추종시간 10s 이내를 만족하여야 한다.

전압제어 기능시험은 인버터가 출력단자 전압을 계측하여

무효전력 출력을 정해진 Q(V) curve에 따라서 제어할 수 있는 지 여부를 확인하기 위한 것이다. V1 전압상승 시 무효전력 조정을 시작하여 V3 전압상승 시에 최대 무효전력을 흡수해야 한다. 반면에 V2 전압강하 시에 무효전력 조정을 시작하여 V4 전압강하 시에 최대 무효전력을 공급해야 한다. 판정기준은 제어오차가 ±5% 이내를 만족해야 한다.

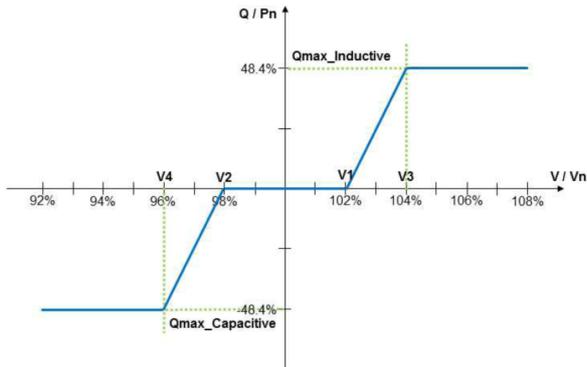


그림 1 전압 제어 기능의 Q(V) 특성곡선  
Fig. 1 Q(V) curve of voltage control function

DER-AVM 연계형 인버터의 경우 500kW이상의 특고압에 서만 적용되므로, 연계허가 시 단일 계통에 연계되는 설비용량 500kW이상의 경우 필수이며, 저압(500kW 미만)인 경우에 DER-AVM 시험은 필요가 없다.

## 2.2 해외 Rule21 스마트 인버터 기능

미국 캘리포니아주에서는 스마트 인버터 기능을 포함하는 스마트 분산전원의 개념을 도입하였고, 다음과 같이 스마트 인버터의 기능들을 의무화 하고 있다. 역률제어와 무효전력/전압 제어는 앞서 기술한 국내의 능동전압제어와 기능이 동일하다.

- 역률제어(Power Factor)
- 무효전력/전압제어(Volt-var)
- Voltage Ride Through
- Frequency Ride Through
- Ramp Rate/Soft Start
- 단독운전검출(Anti-islanding)

Voltage Ride Through는 그림2와 같이 고전압와 저전압 운 전범위를 인버터에 설정하고, 전압범위를 만족하는 경우에는 정지하지 않도록 규정하고 있다.

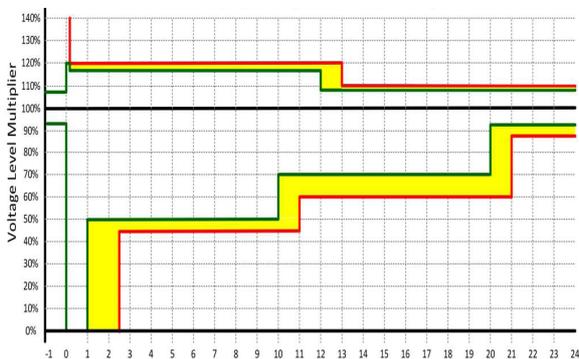


그림 2 저전압/고전압 Ride Through 설정값  
Fig. 2 Low/High Voltage Ride Through Settings

Frequency Ride Through 역시 그림3과 같이 주파수하강과 주파수상승 운전범위를 인버터에 설정하고, 주파수범위를 만족 하는 경우에는 정지하지 않도록 규정하고 있다.



그림 3 주파수하강/주파수상승 Ride Through 설정값  
Fig. 3 Low/High Frequency Ride Through Settings

그림4의 Ramp Rate/Soft Start 기능은 태양광발전이 시작하 는 아침이나 전력계통의 전압/주파수 Ride Through에 의한 인 버터 출력값 변동 시에 급격한 유효전력 상승이 발생하지 않도 록 설정하는 기능이며, 기본 설정값은 2%/초 이다.

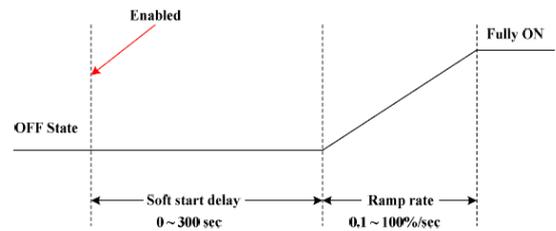


그림 4 Ramp Rate/Soft Start 설정값  
Fig. 4 Ramp Rate/Soft Start Settings

단독운전검출기능의 경우에 정상운전 시에는 기능을 유지하 지만, Ride Through 기능을 활성화 할 경우에 의도적인 단독 운전을 허용하는 기능이 추가되어야 한다.

## 3. 결론

전력계통의 안정화를 위한 분산형전원용 스마트 인버터의 기능과 규정이 구체화 되고 있으며, 국내 및 해외 사례를 통하 여 스마트 인버터의 기본적인 기능들을 확인할 수 있었다. 이 러한 스마트 인버터의 보편화를 위하여 기능검증 및 인증제도 가 필요하며, 공인인증기관의 협력이 수반되어야 할 것으로 사 료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 조창희, "스마트 분산전원 기술", 전기산업브리핑, 2015
- [2] 박동환, "분산형전원 배전계통 연계기간 확대 추진현황", Journal of Electric World, pp26-31, 2015
- [3] 한국전력공사, "역률제어 인버터 시험 기준 절차서", 2015
- [4] Smart Inverter Working Group Recommendations "Recommendations for Updating the Technical Requirements for Inverters in Distributed Energy Resources" 2104.
- [5] 한국전력공사, "분산형전원 배전계통 연계 기술기준", 2015