

# 분산형전원의 계통연계기술 리뷰

이경수  
한국산업기술대학교

## A Review on the Grid-Connected Technology of the Distributed Energy Resources

Kyungsoo Lee  
Korea Polytechnic University

### ABSTRACT

This review focuses on grid connected technology for distributed energy resources(DER). The grid connected technology is categorized into three classifications: 1) protection function; 2) power quality improvement function; 3) grid stabilization function. Grid codes comparison of Japan, USA, EU and Korea is also described in the paper.

### 1. 서론

근래 일본과 미국 및 EU를 중심으로 분산형전원의 도입 확대에 따른 전력계통 안정성을 향상하고자 계통연계 기술기준(grid codes)이 새롭게 정립되고 있다. 본 논문은 분산형전원의 계통연계기술에 대한 각 국별 계통연계 기술기준과 국내 계통연계 기술기준을 비교한다. 또한, 보호 기능, 전력품질향상 기능 및 계통안정화 기능으로 구분되는 계통연계기술 동향을 소개한다.

### 2. 분산형전원의 계통연계기술

#### 2.1 신재생에너지원의 대량도입에 따른 문제점<sup>[1]</sup>

화력발전 등 기존발전원은 대부분 출력제어가 가능하지만, 신재생에너지원으로 대표되는 태양광과 풍력발전은 기상조건에 따라 출력이 변동하기 때문에 출력제어가 어려운 단점이 있다. 신재생에너지원이 전력계통에 대량으로 도입되면 다음과 같은 문제점들이 발생할 수 있다.

##### (1) 전력수급 불균형

기존 전력계통은 일반적으로 수요에 맞춰 각 발전소의 출력을 제어하고 수요와 공급이 일치하도록 조정한다. 하지만, 출력이 불안정한 신재생에너지원이 대량으로 계통에 연계되어 공급 대비 수요가 적은 주말 낮 시간대 혹은 심야 시간대에 전력이 생산되어 잉여전력이 발생하면 전력수급 불균형이 발생할 수 있다.

##### (2) 주파수 변동

기존 전력계통은 실시간으로 변동하는 수요에 대응하여 각 발전소 출력을 제어하고 수요량과 발전량이 일치되도록 조정하여 주파수를 일정하게 유지하고 있다. 신재생에너지원이 대량으로 계통에 연계되어 전력수급에 균형이 깨지면, 주파수가 변동하여 수용가측 기기에 영향을 주고, 더 나아가 발전기 보호 장치

가 동작하여 대규모 정전을 일으킬 수 있다.

특히, 풍력발전에 있어서 급속한 풍속변화에 따른 출력변동을 뜻하는 램프(ramp) 현상이 전 세계적으로 문제가 되고 있다. 바람이 강하고 안정된 상태에서 갑작스럽게 바람이 약해져 발전 출력이 현저히 작아지는 램프다운(ramp down) 현상이 발생하면, 계통 출력조정을 맡고 있던 화력 및 양수발전기가 풍력발전 램프다운 현상의 응답속도에 대응하지 못하여 전력계통 주파수 변동에 큰 영향을 줄 수 있다.

##### (3) 배전계통 전압상승

배전계통에 연계되는 태양광발전의 합계출력이 수요전력을 초과하면, 태양광발전에서 생산된 전력이 계통으로 역조류하여 연계점(FCC) 전압이 계통 관리 전압 범위를 초과하는 전압상승을 초래할 수 있다.

##### (4) 단독운전과 불필요한 계통분리

분산전원이 연계된 배전계통 혹은 상위계통에서 사고 발생으로 인하여 차단기가 개방된 경우에는 사고지점 내 계통에 전력공급이 중단되어 무전압이 되어야 하지만, 연계된 분산전원이 정지하지 않고 운전을 계속하여 작업원 감전, 기기손상 및 소방활동에 영향을 미치게 된다.

순간정전 등 계통 사고시에 신재생에너지원에서 불필요한 계통분리가 발생하면 전력수급에 불균형이 발생하여 계통 안정 운용(주파수안정성, 동기안정성, 전압안정성 등)에 지장을 초래할 수 있다.

##### (5) 계통 사고시 전력계통 영향

화력발전 및 수력발전과 같이 동기발전기로 운용되는 계통에 있어서 신재생에너지원 전력변환장치(PCS)와 같이 동기화 능력이 없는 분산전원이 증가하면 계통 사고시에 전력계통 주파수를 유지하는 능력이 저하되는 문제가 발생할 수 있다.

신재생에너지원이 계통에 대량으로 연계되면 기존 차단기 용량 이상으로 단락전류 용량이 증가하므로 계통 사고시에 차단기 개방으로 인한 정전 문제가 발생할 수 있다.

### 2.2 분산형전원의 계통연계 기술기준

신재생에너지원을 포함한 분산형전원은 독립형과 계통연계형으로 구분된다. 분산형전원의 대부분은 계통연계형이 주를 이루고 있으며, 세계 주요국은 기존 계통과 신재생에너지원의 연계를 위해 계통연계 기술기준을 제정하고 있다. 표 1은 세계 주요국과 국내 계통연계 기술기준 비교를 나타낸다<sup>[1, 4]</sup>.

표 1 세계 주요국과 국내 계통연계 기술기준 비교

Table 1 Grid codes comparison of Japan, USA, EU and Korea

항목	일본 (JEAC 9701 2012)	미국 (IEEE 1547)	EU (IEC 61727)	한국 (분산형전원 배전계통 연계기술기준)
정격전력	<50kW	≤30kW	≤10kW	≤30kW
고조파전류	종합5%이내	종합5%미만	종합5%미만	종합5%미만
역률	0.8이상	0.9이상	0.9이상	0.9이상
전압유지범위	101±6V/202±20V	97V~121V	196V~253V	220±13V
주파수유지범위	발전사별 상이(50Hz/60Hz)	59.3Hz~60.5Hz	50Hz±1.5Hz	59.3Hz~60.5Hz
직류전류 유입제한	정격전류의 1%이내	정격전류의 0.5%이내	정격전류의 1%이내	정격전류의 0.5%이내
단독운전 검출시간	수동 <0.5초, 능동 <1초	2초이내	2초이내	0.5초이내
FRT(전압, 주파수)	시간과 크기에 따라 상이		시간과 크기에 따라 상이	

(1) 일본

기존 분산형전원의 계통연계기술은 역률일정제어와 단독운전 검출기법이 주를 이루었으나, 분산형전원의 대량도입에 따라 계통 안정화 기능을 중심으로 연계기술 기준 제정을 추진 중에 있다. 특히, 2013년 2월부터 태양광발전과 풍력발전이 연계된 모든 계통에서 FRT 규정이 제정되었다.

(2) 미국

EPRI는 Sandia National Laboratories, the Solar Electric Power Association과 공동으로 미국 에너지성(DOE) 지원하에 2009년부터 Smart Inverter<sup>[2]</sup> 프로젝트를 진행하고 있다. NERC(North American Electric Reliability Corporation)에서는 전압과 주파수에 관한 FRT 표준화를 검토하고 있다.

(3) EU

EU 각국별로 FRT가 통일되지 못하고, 풍력발전과 태양광발전 사업자 단체인 EWEC와 EPIA에서 계통연계 기술기준을 작성 중에 있다.

(4) 한국

IEEE 1547과 유사한 내용으로 배전계통 연계기술 기준을 제정하였다. 2013년 12월에는 20MW 이상의 신재생발전기에 대해서 한전 송·배전용 이용설비규정 내에 FRT가 제정되었다.

2.3 분산형전원의 계통연계기술

분산형전원의 계통연계기술은 보호기능, 전력품질 향상기능 및 계통안정화 기능으로 구분된다.

(1) 보호 기능(단독운전 검출기법)

단독운전 검출기법은 크게 수동적 방법과 능동적 방법으로 구분된다. 수동적 방법은 계통전압 혹은 주파수 급변을 감지하여 보호계전기에 의해서 검출하는 방법이며, 능동적 방법은 PCS 제어기에 주파수, 무효전력 등 상시 변동 성분을 추가하여 계통 이상 발생시 보호계전기에 의해서 검출함으로써 전력계통 보호·협조를 강화한다<sup>[5]</sup>.

(2) 전력품질향상 기능(역률제어)

계통 전압이 상승하면 PCS가 무효전력을 공급(PCS측에서 바라 볼 때 진상)하여 전압 상승을 억제하고, 계통 전압이 하강하면 PCS가 무효전력을 흡수(PCS측에서 바라 볼 때 지상)하여 전압 하강을 억제한다<sup>[6]</sup>.

(3) 계통안정화 기능

①FRT(Fault Ride Through)

분산형전원이 대량으로 도입된 전력계통에 있어서 계통 사

고로 인한 순간전압강하 및 주파수 변동이 발생하면 분산형전원의 보호계전기가 동작하여 계통으로부터 분리된다. 하지만, 분산형전원의 계통분리로 인한 계통 불안정성이 증대하는 문제가 발생하므로 일시적인 전압강하 및 주파수 변동시에는 분산형전원이 계통으로부터 분리되지 않고 운전을 계속하여 계통 불안정성을 제거하는 기능이다<sup>[1]</sup>.

②Governor free

계통 주파수가 상승하면 PCS가 유효전력을 줄여서 주파수 상승을 억제하고, 계통 주파수가 하강하면 PCS가 유효전력을 높여서 주파수 강하를 억제하는 방법으로 기존 발전소 중심의 주파수 조정을 PCS가 수행토록 하는 기능이다<sup>[7]</sup>.

3. 결 론

본 논문에서는 분산형전원의 계통연계기술을 리뷰하였다. 일본, 미국 및 EU 등 세계 주요국과 국내 계통연계 기술기준 비교 및 동향을 소개하였다. 또한, 태양광발전과 풍력발전을 중심으로 최근 이슈가 되고 있는 분산형전원의 계통연계기술을 소개하였다.

이 논문은 2014년도 한국산업기술대학교 학술진흥연구사업에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

[1] NEQ “再生可能エネルギー技術白書第9章 系統サポート技術, 2013, December.  
 [2] Y. Xue, M. Manjrekar, "Towards Next Generation Photovoltaic Inverters", in Proc. ECCE 2011, pp. 2467-2474, 2011, September.  
 [3] 한국전력공사, "송·배전용 전기설비 이용규정", 2013, December.  
 [4] 한국전력공사, "분산형전원 배전계통연계 기술기준", 2014, February.  
 [5] K. Ahmad, J. Selvaraj, N. Rahim, "A review of the islanding detection methods in grid connected PV inverters", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 21, pp. 756-766, 2013, May.  
 [6] M. J. Reno, R. J. Broderick, S. Grijalva, "Smart Inverter Capabilities for Mitigating Over Voltage on Distribution Systems with High Penetrations of PV", in Proc. IEEE 39th PVSC, pp. 3153-3158, 2013, June.  
 [7] Z. Jinbin, S. Ushiki, M. Ohshima, "Grid connected Inverter with Inner Output Impedance and Governor free Characteristics", in Proc. ECCE 2010, pp. 586-588, 2010, September.