

## JEAC 9701-2012 기반 일본 FRT 계통연계 규정에 대한 고찰

명홍재\*, 김영민\*, 김희중\*, 이일용\*, 도원석\*  
LS산전\*

### A Study of Japan FRT Grid Interconnection Code Based JEAC 9701-2012

Hong-Jae Myung\*, Young-Min Kim\*, Hee-Jung Kim\*, Il-Yong Lee\*, Won-Seok Do\*  
LS Industrial Systems R&D Center\*

**Abstract** - 동일본 대지진 이후로 일본은 원자력 발전 가동을 점차 중단시켜 가고 있으며 이에 따라 신재생에너지 발전 비중은 높아지고 있다. 이러한 신재생 에너지원의 확대는 계통의 입장에서 외란의 요소로 작용할 수 있으므로 각 전력회사들은 계통 보호 협조에 관한 규정을 엄격히 적용해 가는 추세이다. 본 논문에서는 일본형 대용량 계통연계형 태양광 인버터들이 가져야 할 기능 중 계통보호 협조에 관한 FRT 기능에 대하여 일본 계통연계 규정인 JEAC 9701-2012<sup>[1]</sup>를 기반으로 알아보고 이 규정이 적용되어 개발된 LS산전의 250/500kW 태양광 PCU를 소개하고자 한다.

#### 1. 서 론

최근 전세계적인 신재생에너지원의 보급은 계통연계에 관한 많은 이슈를 만들어 내고 있으며 세계 각국은 계통연계에 관한 자국의 규정을 만들어 계통 안정을 꾀 하고 있다. 특히 계통연계 규정 중에 가장 크게 이슈화 되고 있는 것은 FRT(Fault Ride Through)로 명명된 계통사고에 관한 규정으로 대표적인 규정으로 독일 연방 에너지·수자원 관리 협회(BDEW<sup>[2]</sup>:Bundersverband der Energie und Wasserwirtschaft)를 예로 들 수 있다. 일본의 경우에는 일본전기협회(JEAC:Japan Electric Association Code) 규정이 있으며 가장 최근의 규정으로 JEAC 9701-2012 버전이 있고 매년 일부부분이 개정되는 형태로 배포된다.

본 논문에서는 일본형 대용량 계통연계형 인버터가 갖추어야 할 핵심 기능인 FRT 에 관해 일본 계통연계 규정인 JEAC9701-2012 기반으로 알아보고 본 규정이 적용된 LS산전의 250/500kW 태양광 PCU 를 소개한다.

#### 2. 본 론

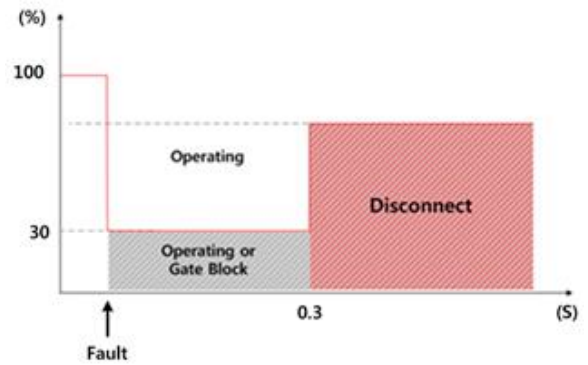
##### 2.1 일본 계통연계 규정 소개

일본 JEAC9701-2012에서 제시하는 FRT 규정은 BDEW의 FRT 규정과는 목적이 상이하다. BDEW 규정은 FRT 상황에서 무효전력주입을 통한 계통전압 유지가 주 목적인 반면에 일본 FRT 규정은 계통의 사고 시 분산발전원들이 한꺼번에 계통으로부터 탈락함으로써 분산발전원 들이 계통에 외란으로 작용하는 것을 방지하는 것을 목적으로 한다. 그리고 계통전압 유지를 위한 목적의 의도적인 무효전력 주입 등의 동작은 하지 않으며 계통연계 상황에서 게이트블록을 통한 발전 중지를 한다.

JEAC9701-2012 에서의 FRT 요건은 전압과 주파수에 관해 아래의 3가지로 분류할 수 있다.

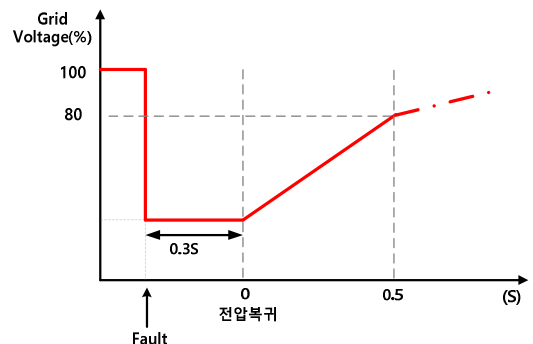
- ① 순시 전압 강하
- ② 계통 전압 복구 후 인버터 출력복귀 동작
  - 잔 전압 20%(또는 30%) 이상
  - 잔 전압 20%(또는 30%) 미만
- ③ 주파수 변동 내량
  - 스텝상승
  - 램프상승/하강

그림1은 계통 전압의 순시 강하 시 인버터의 동작 조건을 나타낸다. 계통 전압 저하가 발생된 시점으로부터 0.3초 동안 잔 전압이 30% 미만일 경우에 인버터는 계속 동작을 하거나 게이트블록을 해야 한다. 계통 전압 저하가 발생된 시점으로부터 1초 후에는 잔 전압과 관계없이 인버터는 무조건 계통으로부터 분리되어야 한다.



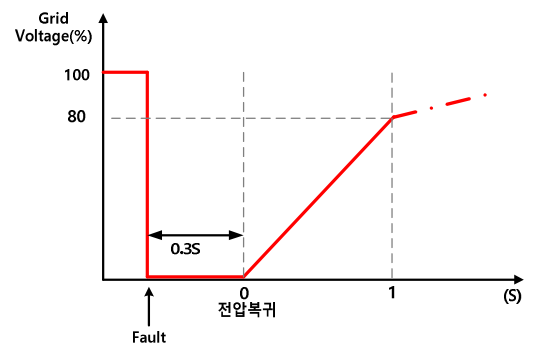
〈그림 1〉 순시전압 강하 시 인버터 동작 조건

그림 2는 계통이 정상으로 복구 되었을 때 인버터의 출력 복구 동작을 나타낸다. 계통의 잔 전압이 30% 이상일 경우 0.5초 이내에 계통 사고 전의 80% 출력으로 복구해야 한다.



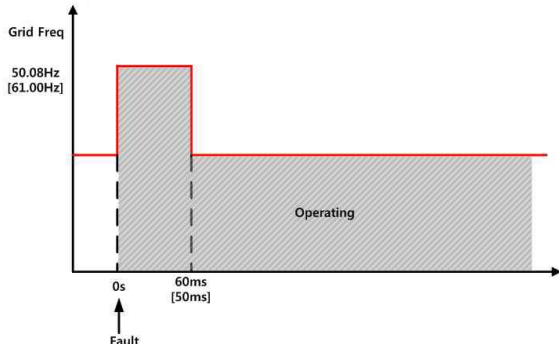
〈그림 2〉 출력 복구 시 인버터 동작 조건(1)

그림 3은 그림 2와 마찬가지로 계통이 정상으로 복구 되었을 때 인버터의 출력 복구 동작을 나타내며 계통의 잔 전압이 30% 이하일 경우 1초 이내에 계통 사고 전의 80% 출력으로 복구해야 한다. 80% 출력으로 복구해야 한다.



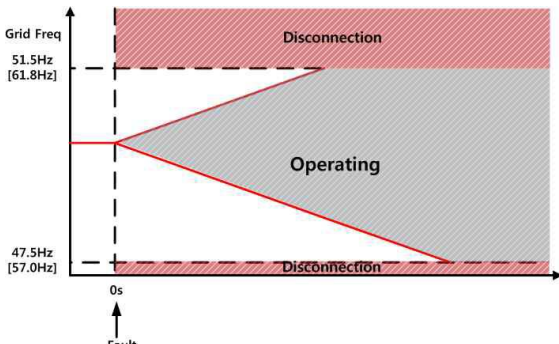
〈그림 3〉 출력 복구 시 인버터 동작 조건(2)

그림 4는 계통 주파수의 스텝 상승에 대한 인버터의 동작을 나타내며, 61Hz(50Hz 계통인 경우 50.8Hz) 스텝 주파수 변동에 대해 50ms(50Hz 계통인 경우 60ms)동안에 인버터가 정상 동작을 해야 한다.



〈그림 4〉 주파수 스텝상승 시 인버터 동작 조건

그림 5는 계통주파수의 램프 상승/하강에 대한 인버터의 동작을 나타낸다. 계통주파수가 61.8Hz ~ 57Hz(50Hz 계통인 경우 51.5Hz ~ 47.5Hz) 범위를 벗어난 경우 인버터는 무조건 계통에서 분리되어야 하며  $\pm 2\text{Hz}$ 의 기울기를 기준으로  $\pm 2\text{Hz}$ 이상의 기울기인 경우에는 특별한 규정이 없고,  $\pm 2\text{Hz}$ 이하의 기울기에서 인버터는 정상 동작해야 한다.



〈그림 5〉 주파수 램프상승 시 인버터 동작 조건

## 2.2 일본형 250/500kW 태양광 PCU 소개

그림 6의 LS산전 대용량 일본형 태양광 인버터는 일본 내에서 발생할 수 있는 다양한 계통 조건에 능동적으로 대응할 수 있도록 시스템을 설계 하였으며 다음과 같은 특·장점을 가지고 있다.

- (1) 단독운전 검출 방식은 JEM1498의 규정에 따른 스텝주입 주파수피드백방식의 능동기법을 적용하였다.
- (2) 일본 계통연계 규정인 JEAC 97010-2012 규정에 따른 아래의 3가지 FRT 요건을 준수하였다.
  - ① 순시전압 강하
  - ② 계통 전압 복구 후 인버터 출력 복구
  - ③ 주파수 스텝상승 및 램프상승/하강 변동 내량
- (3) 유지보수의 편리성을 극대화하여 전장품에 대한 모듈화를 하였고, 250kW급 PEBB(Power Electronics Building Blocks) 단위로 용량 확장이 가능하도록 하였다.
- (4) 성능면에서 98% 이상의 높은 효율과 각차 3%미만, 종합 5% 미만의 THD를 갖는다.
- (5) (+)0.95 ~ (-)0.95 범위의 역률 제어가 가능하도록 하였고 국제 규격의 EMC(IEC61000-6-2/4) 규정을 만족 하였다.



(a) 250kW PCU

(5) 500kW PCU

〈그림 6〉 LS산전 일본형 250/500kW 태양광 PCU

표 1은 LS산전에서 개발한 일본형 250/500kW 태양광 PCU에 대한 설계사양을 나타낸다.

〈표 1〉 LS산전 일본형 250/500kW 태양광 PCU 설계사양

분류	항목	250kW	500kW
DC	운전전압(V)	450 ~ 1000	450 ~ 1000
	MPPT전압(V)	450 ~ 850	450 ~ 850
	정격전류(A)	611	1222
AC	정격전압(V)	300	300
	정격전류(A)	481	962
	주파수(Hz)	50/60	50/60
	THD(%)	각차<3 종합<5	각차<3 종합<5
	역률	(±)0.95	(±)0.95
효율	최대효율(%)	>98	>98
환경	운전온도(℃)	-5 ~ 40	-5 ~ 40
	습도	15 ~ 85	15 ~ 85
	통신	RS-485	RS-485
	크기(W*H*D)	1820*1876*830	2350*1876*830
	외함등급	IP21	IP21
	EMC	IEC 61000-6-2 IEC 61000-6-4	IEC 61000-6-2 IEC 61000-6-4
HMI	-	8.4인치 터치패널	8.4인치 터치패널

## 3. 결 론

본 논문은 일본 계통연계 규정인 JEAC9701-2012에서 일본형 대용량 태양광 인버터가 가져야 할 가장 중요한 기능인 FRT 규정에 대해 알아 보았고 이 규정이 적용되어 있는 LS산전의 250/500kW 태양광 PCU를 소개하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 일본전기협회 계통연계 규정 JEAC9701-2012 : Japan Electric Association Code 97010-2012
- [2] 독일 연방 에너지·수자원 관리 협회 규정 BDEW : Bundersverband der Energie und Wasserwirtschaft