

## 태양광인버터 안전성 평가를 위한 IEC 62109 표준화 분석

**이정현\***, 윤용호\*, 박준석\*, 김재문\*\*,  
한국산업기술시험원 (KTL)\*, 한국교통대\*\*

### Analysis of IEC 62019 standard for Safety Test of Photovoltaic Inverter

Jeong-Hyeon Lee\*, Yong-Ho Yoon\*, Jun-Suck Park\*, Jae-Moon Kim\*\*,  
Korea Testing Laboratory\*, Korea National University of Transportation\*\*

**Abstract** - 현재 태양광인버터의 안전성확보에 대한 기술기준이 IEC로부터 채택하게 될과 동시에 독일, 일본, 미국 등 선진 각국에서는 안전성 확보용 기술기준을 적용하고 있으며, 강제(Mandatory) 규격으로 적용하고 있는 상태이다. 그러나 국내 태양광인버터분야는 인버터의 성능만 수행하고 있는 상태이며, 안전성분야는 전문한 상태이다. 따라서 본 논문에서는 성능위주의 특성에서 벗어나 사용자의 보호 및 안전성을 중심으로 CE, UL 등의 해외인증에서 요구하는 기준으로 자리를 잡아가고 있는 IEC 62109 표준화에 대한 정확한 기술기준 및 시험방법에 대해 살펴본다.

#### 1. 서 론

현재 우리나라는 태양광모듈 및 인버터의 성능평가분야의 기술기준은 적용하고 있지만, 안전성 기술기준은 적용하고 있지 않은 상태이나 해외 관련 선진국은 IEC 규격에 의한 태양광 제품의 안전성 인증을 시행하고 있다. 특히 태양광인버터의 경우 신재생에너지 설비검사 세부기준 PV 501(소형, 10kW이하)과 PV 502(중대형, 10kW초과~250kW) 인증기준을 가지고 있으나 인버터의 성능위주의 특성을 파악하는 시험으로 구성되어 있다.

반면 주요 선진국의 경우 IEC 인증관련 규격의 대부분을 인증할 수 있는 자격을 갖추고 있어 자국 제품의 국제 경쟁력 우위를 지원하고 있는바 우리나라도 시급히 전체 규격에 대한 인증 자격을 취득해야하는 시급성이 있다. 따라서 본 논문에서는 태양광인버터의 안전성(Safety) 기술기준과 관련된 IEC 62109-1 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems-Part 1 General requirements에 대하여 살펴보고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 IEC 62109 안전성

IEC 62109-1는 태양광인버터의 안전성(Safety)에 대한 기술기준으로 정상상태 또는 단일고장상태에서 전기감전, 기계적인 위험, 화재위험, 음압, 화학적 위험 등에 대한 시험절차 및 방법 등을 서술하고 있으며, 직류 1,500V 이하, 교류 1,000V 이하의 시스템에 적용한다.

본 논문에서는 태양광인버터의 안전성 평가를 위해 7장 Protection against electric shock and energy hazards에 서술된 전기감전에 대한 보호를 바탕으로 기본적으로 요구하는 항목들을 정리하였다.

##### 2.2 감전에 대한 보호

감전에 대한 보호는 직접적인 접촉과 간접적인 접촉으로 구분되며 직접적인 접촉에 대한 보호는 장비전체에 대하여 사람이 충전부에 접촉하는 것을 막기 위해 적용되고 외함파 장애물, 절연이 요구 된다. 서비스 (유지보수) 접근영역과 같이 직접접촉이 되어야하는 부분에 대하여 DVC (Decisive voltage classification)-A에 의한 보호, 보호 임피던스에 의한 보호, 전압제한에 의한 보호가 제공되어야 한다.

반면에 간접적인 접촉인 경우 보호로는 보호등급 I 또는 보호등급 II에 해당하는 요구사항을 만족해야 한다. 시험품(태양광인버터)에 요구하는 사항을 적용하기 위해서는 결정전압등급 (DVC)이 사용되며 등급은 표 1과 같다.

##### (1) 직접적인 접촉에 대한 보호

직접적인 접촉에 대한 보호는 외함파 장애물이 요구되며 이는 공구를 사용하지 않고 제거할 수 없어야 하며 준수여부는 시험용 평거와 핀을 이용하여 확인한다. 서비스 접근 영역은 외함을 열어 둔 상태에서 DVC-B와 C인 회로에 접촉할 수 없어야 한다.

**<표 1> 결정전압등급 (DVC)**

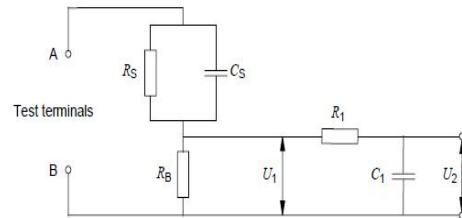
결정전압 등급 (DVC)	동작전압 한계값 (V)		
	교류전압 실효치(r.m.s)	교류전압 피크치	직류전압 평균값
A	≤25	≤35.4	≤60
B	50	71	120
C	>50	>71	>120

##### (2) 간접적인 접촉에 대한 보호

간접적인 접촉에 대한 보호는 장비의 보호등급에 따라 요구하는 사항을 만족해야 하며 보호등급 I에 해당하는 장비는 충전부와 접근가능 도전부 사이의 절연, 접지 등에 대하여 적합성을 요구한다. 보호등급 II는 이중 또는 강화절연과 같은 추가적인 보호가 제공되고 보호접지가 제공되지 않는 장비로서 사용자 설명서에 반드시 명시되어야한다.

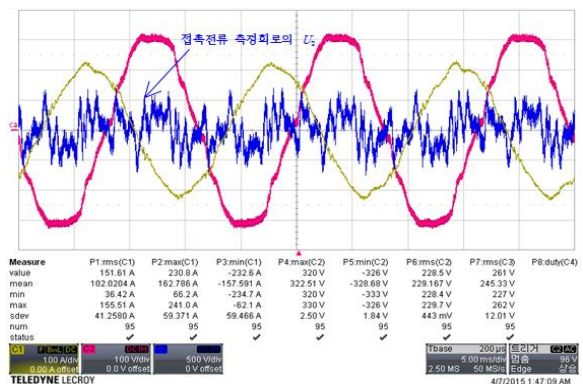
태양광인버터의 경우 보호접지를 사용하는 보호등급 I에 해당되며 보호용 접지도체가 연결되어 있고 용량이 맞는 도체의 단면적을 가져야한다. 또한 보호용 접지도체와 가장 멀리 위치한 접근가능부분 사이에 접지연속성 시험을 수행하여 기준값을 초과하지 않는지 확인해야한다.

보호접지 도체가 정상적으로 결선이 되지 않았을 경우에 대하여 감전에 대한 보호로 접촉전류는 기준치를 초과해서는 안 된다. 접촉전류는 그림 1과 같이 IEC 60990 명시된 접촉전류회로를 이용하여 측정한다.



**<그림 1> 접촉전류 측정회로**

( $R_S$ : 1,500 Ω  $R_B$ : 500 Ω  $R_1$ : 10 kΩ  $C_S$ : 0.22 μF  $C_1$ : 0.022 μF)



**<그림 2> 태양광인버터 접촉전류**

인체 임피던스는 3가지 요소로 나타낼 수 있으며  $R_S$ 과  $C_S$ 는 인체의 피부에 해당하는 임피던스를 의미하고  $R_B$ 는 인체 내부의 임피던스를 의미한다. 접촉전류 값은 주파수 가중치 영역에 대한 측정값  $U_2$ 와 인체 내부 임피던스 값인  $R_B$ 를 이용하여 계산된다.

그림 2는 태양광인버터의 접지(A)와 대지접지(B) 사이에 측정회로를 접속하여  $U_2$  값을 측정 한 과형으로 접촉전류값은 52.2 mA로 기준값 교류 3.5mA, 직류 10mA를 초과하여 인버터에 경고마크를 부착해야 한다.

### 2.3 절연

절연등급은 기능, 기초, 이중, 강화절연으로 구분되며 충전부의 결정전압등급과 접지여부에 의해 결정된다. 접근가능 접지 도전부는 기초절연에 의해 DVC-B, C 회로로부터 분리되어야 하며 접근가능 비접지 도전부는 강화절연, 이중절연 또는 보호분리를 통해 DVC-B, C 회로로부터 분리되어야 한다.

〈표 2〉 절연등급

구분	설명
기초절연	감전에 대해 단일 레벨의 보호를 제공하는 절연
부가절연	기초절연에 추가되는 독립적인 절연
이중절연	기초절연과 부가절연으로 구성되는 절연
강화절연	하나의 절연이 이중절연과 동등한 수준의 절연
기능절연	장비의 동작을 위해서만 필요한 절연

표 2는 각각의 절연에 대한 구분으로 각 부분에서 요구되는 절연등급을 만족하기 위해서는 다음과 같은 항목들이 우선적으로 고려되어야 한다.

#### (1) 오염도

제조사는 해당 제품의 최소한의 환경조건에 따른 오염도를 제시하여야 하며 오염도는 외함 내부의 IP 시험(예, IP X7) 또는 코팅에 의해 오염도를 감소시킬 수 있다.

#### (2) 과전압 범주(OVC, Over Voltage Category)

과전압 범주의 개념은 주전원회로, PV회로, 보조회로를 포함하여 제품 내에서 별도의 회로로 적용하며 각 회로에 대한 과전압 범주는 제품의 설치정보에서 언급되어야 한다. 일반적으로 주회로는 OVC III를 적용하며 반면에 PV 회로는 OVC II로 시스템전압을 기준으로 최소 임펄스 전압은 2,500V 이다.

#### (3) 접지시스템과 시스템전압

표 3과 같이 접지시스템의 종류 따라 시스템전압을 결정할 수 있으며 PV 회로의 시스템전압은 PV 개방회로시 최대경격전압으로 정의한다.

〈표 3〉 접지시스템에 따른 시스템전압

접지시스템	시스템전압
TN과 TT 시스템	Line to Neutral 경격 전압의 실효치
3상 IT 시스템	임펄스전압 : Line to Line 경격전압/1.732 임시 과전압: Line to Line 경격 전압의 실효치
단상 IT 시스템	Line to Neutral 경격전압의 실효치

#### (4) 절연전압

절연전압은 충격내성전압(Impulse withstand voltage)과 절연내력시험(Dielectric strength test)시 인가되는 전압을 의미하며 시스템전압과 과전압범주(OVC)를 통해 결정되어진다.

KS C IEC 60664-1 저압기기의 절연협조에 의하여 주회로 측의 충격내성전압 값은 계통전압 220/380V일 경우 OVC III등급으로 4,000V가 적용되며 PV회로의 최대개방전압이 1,000V일 경우에는 OVC II등급으로 6,000V의 값이 적용된다. 절연내력 시험 시 인가되는 전압은 시스템전압의 1,200V를 더한 값으로 시스템전압이 380V일 경우에는 1,580V가 되며 강화절연이 적용된 부분에는 2배인 3,160V가 적용된다.

#### (5) 절연의 타입

##### ① 공간거리와 고체절연

충격내성전압, 임시 과전압, 동작전압 중 가장 엄격한 조건이 요구되는 값에 따라 설계되며 강화절연의 경우 공간거리를 결정하기 위해 임펄스 Table에서 결정된 전압의 한 단계 높은 임펄스 전압, 1.6배의 임시 과전압, 1.6배의 동작전압에 일치하는 전압 중 가장 엄격한 조건이 요구

되는 값을 적용한다.

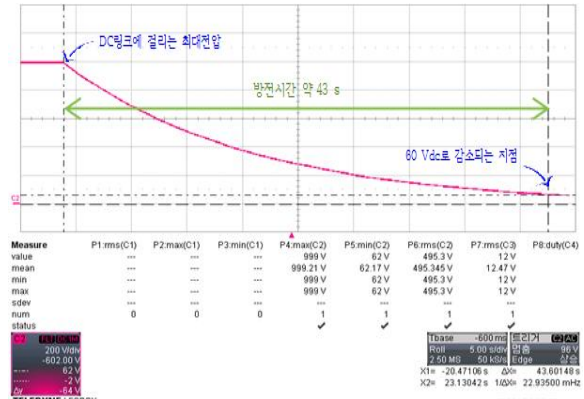
공간거리의 적합여부를 확인하기 위해 (4)절연전압에 언급된 충격내성 전압시험과 절연내력시험을 수행하여 불꽃이 튀거나 비정상적인 전류가 흐르지 않는지 확인한다.

#### ② 연면거리

시스템전압으로 결정되며 강화절연은 시스템전압에 의해 결정된 연면거리의 두 배를 적용해야 한다. 연면거리가 공간거리보다 작을 경우 공간거리만큼 증가시켜야 한다.

### 2.4 저장된 에너지에 의한 감전위험으로부터의 보호

유지보수 접근 시 감전에 대한 보호시험으로 인버터 내부 커패시터는 전원을 제거한 이후에 DVC-A 이하의 전압으로 10초 이내에 방전되어야 한다. 이러한 조건을 만족하지 못할 경우에는 방전시간의 표기를 포함 또는 명확하게 보일 수 있는 곳에 표기해야 한다.



〈그림 3〉 저장된 에너지 방전시간

그림 3은 태양광인버터 DC-Link의 전압값으로 최대전압 인가 후 DVC-A 값인 60Vdc로 감소되는 시점까지의 시간을 측정 한 결과이다. 방전시간이 약 43s로 기준치인 10s를 초과함에 따라 태양광인버터 경고마크를 부착해야 한다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 IEC 62109-1 (Safety of power converters for use in photovoltaic power systems-Part 1 General requirements) 기술기준에서 요구하는 시험항목에 대한 요구사항 및 시험방법 대해 살펴보았다. 본 논문에서 살펴본 표준화는 태양광인버터의 효율, 정상특성, 보호기능과 관련된 성능위주의 특성에서 벗어나 사용자의 보호 및 안전성을 중심으로 이루어진 기술기준으로 현재 CE, UL 등의 해외인증에서 요구하는 기준으로 자리를 잡아가고 있다. 따라서 국내 태양광인버터의 해외시장 진출 및 해외제품들과의 경쟁에서 본 표준화에서 요구하는 기술기준에 대한 정확한 이해 및 분석이 필요하다.

### [참 고 문 헌]

- [1] IEC 62109-1 Safety of Power Converters for use in Photovoltaic Power Systems-Part 1 : General Requirements, Edition 1.0.
- [2] IEC 62109-2 Safety of Power Converters for use in Photovoltaic Power Systems-Part 2 : Particular Requirements for Inverters, Edition 1.0.
- [3] IEC 60950-1, Information technology equipment - Safety - Part 1: General requirements.
- [4] IEC 61727, Photovoltaic(PV) systems- Characteristics of the utility interface.
- [5] 이정현, 윤용호, 박준석, "국내 태양광인버터의 안전성평가 및 설비인증", 대한전기학회 하계학술대회, 2013.
- [6] Yong-Ho Yoon, Jun-Seok Park, Dong-Rak Lee, Jae-Moon Kim, "Photovoltaic System Application Performance in extreme environments like desert conditions", ICEE, 2014.
- [7] 윤용호, 이동락, 박준석, 김재문 "신재생에너지 설비용 전력변환장치 성능평가", 한국태양광발전학회 춘계학술대회, 2014.