

## 태양광 발전설비 전기적 안전사항에 관한 연구

**정진수\***, 한운기\*, 송영상\*, 임현성\*, 조성구\*  
한국전기안전공사 전기안전연구원\*

### A Study on Electrical Safety Requirement of Fuel cell

Jin-Soo Jung\*, Young-Sang Song\*, Woon-Ki Han\*, Hyun-Sung Lim\*, Sung-Koo Cho\*  
Korean Electrical Safety Corporation Electrical Safety Research Institute\*

**Abstract** - 태양광 발전설비의 경우 입지선택이 다른 신재생에너지원에 비해 비교적 자유롭기 때문에 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 신재생에너지원이다. 그러나 전기 전문가 외에 일반인들도 많이 사용하기 때문에 설비 사고발생시 감전사고와 같은 재해유발가능성이 높다. 따라서 본 논문에서는 태양광 발전설비의 전기적 안전사항을 위해 어떤 규정들이 있는지 비교하여 태양광 발전설비를 안전하게 운영할 수 있는 방안에 대해 알아보려고 한다.

#### 1. 서 론

태양광 발전설비의 경우 외부에 노출되어 있으며 이로 인하여 자외선에 의한 열화 및 지속적인 온도 변화가 있다. 이 때문에 케이블 열화에 의한 사고 및 접속반 부식에 의한 단락과 같은 안전사고가 지속적으로 발생하고 있다. 또한, 외부에 설치되어 있는 태양광 발전설비의 경우 프레임에 지락이 되어 충전부가 노출되어도 인체가 직접 접촉할 경우가 없어 위험성이 낮은 편이지만 최근 BIPV 개발과 같이 건축자재를 이용한 태양광 발전설비 개발이 이뤄지면서 도전성 노출부가 인체가 항상 노출되는 환경이 제공되고 있다. 이에 따라 태양광 발전설비의 전기적 안전사항에 관한 규정들을 검토하여 안전한 발전설비 운영방안에 대하여 알아보려고 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 태양광 발전설비 개요

태양광 발전설비의 구성 그림 1과 같이 모듈, 인버터, 접속반, 수변전설비로 구성되어 있다. 대용량의 경우 수변전설비에서 특고압으로 승압하여 계통에 연계한다. 태양광 전지 종류와 특징은 표 1과 같다.



<그림 1> 태양광 발전설비 구성

<표 1> 태양광전지 종류와 특징

종류	배열방식	특징	효율
단결정	원자 배열 균일	- 순도 높음 - 결정 결함 낮음 - 가격이 높음	약 24%
다결정	원자 배열 균일하나 배열 방향 서로 상이	- 순도가 낮음 - 제작비용 낮은 편 - 단결정에 비해 효율 낮음	약 19%
비정질	분자가 무작위로 배열	- 대규모 전지 제작비용 낮음 - 효율이 낮음	약 12%

##### 2.2 태양광발전설비 관련 전기적 안전사항 관한 기준

태양광발전설비의 안전한 운영방안을 알아보기 위하여 전기 안전에 관한 기준을 검토하였다. 태양광발전설비 관련 기준으로 전기설비기술기준 및 판단기준, 사용전 검사규정, 태양광 관련 KS표준, 태양광 관련 설비조사세부기준 등이 있다.

##### 2.2.1 태양광발전설비 관련 전기설비기술기준의 판단기준

전기설비기술기준의 판단기준(이후 판단기준) 제 15조(절연내력)와 제54조(시설기준)에 태양광 발전설비에 관하여 규정하고 있다. 판단기준 제15조에 따르면 1.5배 직류전압 또는 1개 교류전압에 대해 10분간 절연내력 시험시 이상이 없어야 한다. 또한, 판단기준 제 54조에 따라 충전부 노출여부, 차단기, 전선설치 등을 규정하고 있다.

##### 2.2.2 한국전기안전공사 사용전 검사 규정

태양광 발전설비의 경우 타 신재생에너지원과 마찬가지로 소용량인 경우에는 주로 전력변환장치에서 과전압, 과전류, 단독운전과 같은 이상상태를 보호한다. 대용량인 경우에 승압하여 계통에 연계해야 하기 때문에 수변전설비가 필요하다. 이에 따라 역전류계전기, 주파수계전기 등 여러 가지 보호 계전기를 설치하여 앞서 언급한 이상상태를 보호한다. 태양광 발전설비에 대한 사용전 검사규정은 표 2와 같다[4].

<표 2> 태양광 발전설비 사용전 검사 규정

검사항목	주요내용
태양광전지 시설상태	모듈 및 설비 손상 여부
시스템 기동 및 정지시험	전력변환장치 기동정지 제어상태
인버터 병렬운전시험	인버터 2대이상 설치시 입출력 제어 확인
제어회로 및 경보장치 검사	인버터 보호 및 제어기능 확인 (단독운전시 보호 기능 등)
계통연계운전시험	계통 연계시 안정적 연속운전 가능 여부
보호장치 설치 및 동작상태	역전류, 과전압, 과전류 등 이상시 보호장치 시설 (계전기 및 차단기, 인버터 보호 기능 확인)
배분전반 및 보호시설의 설치상태	설비내 이격거리, 전선 접속상태, 회로표시상태 등
접지선 설치상태 및 탈락 여부	프레임 및 배분전반과 같은 도전성 물체 접지저항 값 및 시공상태 확인
계측장치 설치 상태	계측장치 설치 상태 확인
인버터용량	모듈 대비 95.2% 이상

##### 2.2.3 태양광 발전설비 전기안전 관련 KS 표준

KS C IEC 61727에 따르면 계통 전압손실, 과/부족 전압 및 주파수, 계통 상태에 따른 분리유지 시간, 절연변압기, 접지, 서지보호, 단락보호 등에 대한 안전시설을 하도록 규정되어 있다[6]. 또한, KS C IEC 62093에 따르면 습기 및 먼지로 인한 태양광발전설비 부품의 IP등급을 정의하고 있다. 실외의 경우에 IP44등급을 만족해야 하며, 실내의 경우 IP20 등급을 만족해야 한다[7]. 태양광 발전설비의 경우 과전압에 의한 손상에 취약하다. KS C IEC 61173에 따르면 외부 요인으로 낙뢰, 계통 전압변동, 내부 요인으로 부풀고장, 스위치 과도현상 등을 과전압의 원인으로 제시하고 있다. 과전압 보호를 위해 등전위와 접지시설을 방안으로 제시하였다[8]. 접지시설은 모듈에 최대한 근접하게 설치하고 퓨즈, 다이오드 등의 전단에 설치하여 유도된 충격전압에 의한 손상을 보호할 필요성이 있다. 태양광발전설비는 타 신재생에너지원과 마찬가지로 여러

가지 계통 환경과 내부 사고를 전력변환장치를 통해 보호하고 있다. KS C IEC 62109-1에 따라 직접접촉과 간접접촉에 대하여 구분하여 감전보호대책을 간구하며 충전부 절연과 전압 절연, 본딩과 접지를 통해서 인체감전을 보호한다. 특히 표 2와 같이 결정전압의 동작 전압 한계값을 규정하고 있다[8].

**<표 2> 결정전압 등급의 한계값의 요약**

결정전압 등급	동작 전압 한계값		
	교류전압 실효치 [V]	교류전압 피크치 [V]	직류전압 평균값 [V]
A	≤25	≤35.4	≤60
B	50	71	120
C	> 50	> 71	> 120

결정전압 A인 경우 직접접촉에 대한 보호가 필요없으며 절연수준도 단순 기능절연만 실시하면 된다. 결정전압 B, C의 경우 접지된 부품에 대하여 기초절연을 실시해야 하며, 인접한 접근 가능한 비접지된 도전성 부품에 대해 보호 분리하여 사고를 방지해야 한다.

**2.2.4 설비심사세부기준**

태양광 발전설비의 경우 접속함 단자의 열화에 따라 화재가 발생하는 경우가 많이 있다. 따라서 접속함에 대해 엄격한 규정을 적용할 필요성이 있을 것으로 판단된다. 접속함에 대한 규정을 보면 연면거리와 블로킹 다이오드, 퓨즈, 차단기, SPD 등 스펙에 대해 규정하고 있다. 특히 차단기의 경우 직류를 차단할 안정적으로 차단할 수 있도록 어레이 전류의 1.25배이상 2배이하의 정격전류를 갖는 차단기를 선정할 필요성이 있을 것으로 판단된다. 모듈에 관한 내용으로 결선시 단자사이의 연면거리와 공간거리를 표 3과 같이 유지할 필요성이 있다[5].

**<표 3> 현장 결선 단자사이 최소 연면거리와 공간거리**

전압 [V]	거리 [mm]
0-50	6.5
51-300	9.5
301-600	12.5
601-1000	16
1000-1500	25

**2.2.5 태양광 발전설비 전기안전 관련 국외 표준**

북미지역에서 NEC에 250장 접지와 본딩 DC계통에 따르면 2선식 DC 계통이며 50V 초과 300V 이하 2선식 DC계통은 접지해야 한다고 규정하고 있다. 또한, 현재 국내에서는 운영되고 있지 않지만 3선식 DC 계통 옥내배선의 경우 중성선 도체를 접지해야 한다고 규정하고 있다. DC 접지극의 굵기는 중성선 도체 굵기 이상이어야 하며 접지봉, 접지파이프, 접지판 연결하는 경우와 콘크리트 내장 전극에 연결하는 경우를 제외하고 동선의 경우 8AWG(약 8.3mm<sup>2</sup>), 알루미늄의 경우 6AWG(약 13.3mm<sup>2</sup>)를 만족해야 한다[2].

**3. 결 론**

태양광발전설비의 경우 전기설비기술기준, 사용전검사 규정, KS 표준, 설비심사세부기준의 내용을 토대로 전기적 안전사항을 검토하고 있다. 태양광 발전설비의 안전한 설치와 운영을 위하여 설치전 전기설비기술기준 및 사용전검사 규정에 의해 검사를 받아야 한다. 그러나 강제적으로 규정되어 있는 사항에는 최소한의 항목만 제시되어 있기 때문에 KS 표준과 설비심사세부기준을 참고하여 보다 안전하게 태양광 발전설비를 관리할 필요성이 있다. 또한, 사고가 많이 발생하는 접속함의 경우 강제적으로 규정되어 있는 기준을 보다 강화함으로써 안전사고를 예방할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

**[참 고 문 헌]**

[1] KS C IEC 60364-7-712(특수설비 또는 특수 장소에 대한 요구사항-태양전지(PV) 전원 시스템), 2005.  
 [2] 분산형전원 이용을 위한 직류전기설비의 표준화 정책에 관한 연구 (A Study on Standardization Policy of DC Electrical Installations for Using Distributed Generation), 오두식, 2014.12.  
 [3] 태양광 발전설비의 전기안전 확보방안에 관한 연구  
 [4] 검사업무처리방법(자가용전기설비), 한국전기안전공사, 2012.01.  
 [5] 결정전압 태양전지 모듈(안전) 설비심사세부기준, 에너지관리공단 신재생에너지센터, 2014.

[6] KS C IEC 61727 태양광발전시스템-교류 계통 연결 특성, 2005.  
 [7] KS C IEC 62093 태양광발전시스템의 주변장치-설계검증을 위한 일반요건, 2007.  
 [8] KS C IEC 62109 태양광 발전시스템용 전력변환장치의 안전성-제1부: 일반 요구사항, 2013.  
 [9] KS C IEC 62109 태양광 발전시스템용 전력변환장치의 안전성-제2부: 인버터에 대한 특정요구사항, 2013.