

## 태양광 발전 시스템의 보수점검과 계측

최용성 교수, 이경섭 교수 (동신대학교 전기공학과) | 이순형 대표이사 ((주)선강엔지니어링)

자가용 전기 공작물로 취급되는 태양광 발전 시스템은 전기사업법에 따라서 정기적으로 점검하는 것이 필요하다. 국내 태양광 발전 시스템이 보급된 지 얼마 되지 않았기 때문에 점검사항이나 검사에 대한 자료가 풍부하지 못한 상태이다. 여기에서는 보수점검의 종류 및 구체적인 실시방법에 대하여 기술한다. 또한, 태양광 발전 시스템의 발전전력량 등 계측방법에 대해서도 간단하게 기술하기로 한다.

## 1. 태양광 발전 시스템의 보수점검

태양광 발전 시스템의 보수점검은 크게 완성시의 점검과 일상점검 및 정기점검의 3가지로 구별된다.

### 1.1 시스템의 완성 시 점검

태양광 발전 시스템의 공사가 완료되면 시스템을 점검해야 한다. 점검내용은 표 1과 같이 목시(目視) 점검 외에 태양전지 어레이의 개방전압측정, 각부의 절연저항측정, 접지저항측정을 해야 한다. 점검결과와 측정결과는 자세히 기록하고 다음 기회에 일상점검 및 정기 점검 시에 도움이 된다.

### 1.2 일상 점검

일상 점검은 주로 목시점검에 의해서 매월 1회 정도 실시한다. 추천된 점검항목은 표 2와 같다. 점검결과 이상이 확인되면 전문가에게 자문을 구한다.

### 1.3 정기 점검

태양광 발전 시스템도 전기사업법 시행규칙 별표 13(대행범위)에 따라서 정기점검을 해야 한다. 정기 점검의 주기는 전기사업법시행령 제44조(별표 13)에 의하여 용량별 횟수가 정해져 있는데, 300 kW 미만의 경우는 월 1회 이상, 500 kW 미만은 월 2회 이상, 700 kW 미만은 월 3회 이상, 700 kW 이상은 월 4회 이상으로 되어 있으며, 1000 kW 미만에 대하여 대항할 수 있도록 되어 있다. 추천하는 점검항목은 표 3에 표시한다.

점검, 시험은 원칙적으로 지상에서 하지만 개별 시스템에서의 설치환경 그 외의 이유에 따라 점검자가 필요하다고 판단한 경우에는 안전을 확인하고 지붕이나 옥상위에서 점검을 실시한다. 만약에 이상이 발견되면 메이커나 전문가에게 자문을 받는 것이 중요하다.

## 2. 점검방법과 시험방법

### 2.1 외관 검사

#### (1) 태양전지 모듈·태양전지 어레이의 점검

태양전지 모듈은 현장 이동 중에 잘못하여 파손되어 있을 수도 있기 때문에 시공 시 충분히 외관을 검사해야 한다. 태양전지 모듈을 주택용외의 경우 지붕이나 옥상 등에 설치가 끝나고, 발전사업자용외의 경우 고정식이나 추적식으로 설치가 끝나면 세부적인 점검이 곤란하기 때문에 공사의 진행 중 각각 설

표 1. 준공 시 점검항목 및 점검요령.

구분	점검항목	점검요령	
태양전지 어레이	목시 점검	표면의 오염 및 파손	오염 및 파손이 없을 것
		프레임 파손 및 변형	파손 및 두드러진 변형이 없을 것
		가대의 고정	볼트 및 너트의 풀림이 없을 것
		가대 접지	배선공사 및 접지취부가 확실할 것
		코킹	코킹의 망가짐 및 불량이 없을 것
	지붕재의 파손 (지붕에 설치 시)	지붕재의 파손 및 이긋남이 없을 것	
측정	접지저항	접지저항 100 Ω 이하 (제3종 접지) (1)	
중계 단자함 (접속함)	육안 점검	외함의 부식 및 파손	부식 및 파손이 없을 것
		방수처리	입선구가 실리콘 등으로 방수 처리되어 있을 것
		배선의 극성	태양전지에서 배선의 극성이 바뀌어 있지 않을 것
	측정	단자대 나사의 풀림	확실하게 취부 되고, 나사의 풀림이 없을 것
		절연저항 (태양전자-접지 간)	0.2 MΩ 이상 (2) 측정전압 DC 500 V (각 회로마다 전부 측정)
개방전압 및 극성	1 MΩ 이상 측정전압 DC 500 V		
외함의 부식 및 파손	부식 및 파손이 없을 것		
파워 컨디셔너	육안 점검	외함의 부식 및 파손	부식 및 파손이 없을 것
		취부	① 견고하게 고정되어 있을 것
			② 기기 주변에 제조업자로부터 지정된 스페이스가 확보되어 있을 것
			③ 옥내용: 과도한 습기, 기름습기, 연기, 부식성 가스, 가연가스, 먼지, 염분, 화기 등이 존재하지 않는 장소일 것
			④ 인화성 물질이 없을 것
	⑤ 옥외용: 침수의 우려가 없을 것		
	⑥ 화기, 가연가스 및 인화물이 없을 것		
	측정	배선의 극성	① P는 태양전지+, N은 태양전지- ② U, O, W는 계통측 배선 (단상 3선식) [(O는 중선선) U-O, O-Wrks 100 V] ③ 자립운전의 배선은 전용 콘센트 또는 단자에서 전용배선으로 하고 용량은 15 A 이상일 것
		단자대 나사의 풀림	확실하게 취부 되고 나사의 풀림이 없을 것
		접지단자와의 접속	접지와 바르게 접속되어 있을 것 (접지봉 및 파워컨디셔너 “접지단자”와 접속)
절연저항 (파워컨디셔너 입출력단자-접지 간)		1 MΩ 이상 측정전압 DC 500 V	
접지저항		접지저항 100 Ω 이하 (제3종 접지) (1)	
수전전압	주회로단자대 U-O, W-O간은 AC 101±6 V일 것 (수전전압이 높으면 출력전력 억제하기 쉽도록 유의)		
그 외 태양광 발전용 개폐기, 전력량계, 인입구 개폐기 등	육안 점검	전력량계	발전사업자의 경우 전력회사에서 지급한 전력량계 사용
		주간선 개폐기 (분전반 내)	역접속 가능형으로써 나사의 흔들림이 없을 것
		태양광발전용 개폐기	“태양광발전용”이라 표시되어 있을 것
운전·정지	조작 및 육안 점검	보호계전기능의 설정	전력회사의 설정치를 확인할 것
		운전	운전스위치 “운전”에서 운전할 것
		정지	운전스위치 “정지”에서 정지할 것
		투입저지 시한 타이머 동작시험	파워컨디셔너 정지하여 소정시간 후 자동 시동할 것
		자립운전	자립운전에 전환할 때 자립운전용 콘센트에서 제조업자 규정전압이 출력될 것
		표시부의 동작확인	표시가 정상으로 표시되어 있을 것
	이상음 등	운전 중 이상음, 이상진동, 악취 등의 발생이 없을 것	
측정	발전전압 (태양전자 전압)	태양전지의 동작전압이 정상 (동작전압 판정 일람표에서 확인)일 것	
발전전력	육안 점검	파워컨디셔너의 출력표시	파워컨디셔너 운전 중, 전력표시부에 사양과 같이 표시될 것
		전력량계 (송전 시)	회전을 확인할 것
		전력량계 (수전 시)	정지를 확인할 것

주1) 400 V를 넘는 저압용의 것은 특별제3종으로 한다.

주2) 절연저항의 허용치 400 V를 넘는 경우의 절연저항의 허용치는 0.4 MΩ 이상으로 할 것.



표 2. 일상점검항목 및 점검요령.

구분	점검항목		점검요령
태양전지 어레이	목시 점검	유리 등 표면의 오염 및 파손	심한 오염 및 파손이 없을 것
		가대의 부식 및 녹	부식 및 녹이 없을 것
		외부배선 (접속케이블)의 손상	접속케이블에 손상이 없을 것
중계 단자함 (접속함)	육안 점검	외함의 부식 및 손상	부식 및 파손이 없을 것
		외부배선 (접속케이블)의 손상	접속케이블에 손상이 없을 것
파워 컨디셔너	목시 점검	외함의 부식 및 파손	외함의 부식, 녹이 없고 충전부가 노출되어 있지 않을 것
		외부배선 (접속케이블)의 손상	파워 컨디셔너에 접속된 배선에 손상이 없을 것
		기확인 (환기구명, 환기필터)	환기구를 막고 있지 않을 것, 환기필터(있는 경우)가 막혀 있지 않을 것
		이상음, 악취, 발연 및 이상과열	운전 시의 이상음, 이상한 진동, 악취 및 이상점등, 점멸 등이 없을 것
		표시부의 이상표시	표시부에 이상코드, 이상을 표시하는 램프의 점등, 점멸 등이 없을 것
		발전상황	표시부의 발전상황에 이상이 없을 것

표 3. 정기점검항목 및 점검요령.

구분	점검항목		점검요령
태양전지 어레이	목시 점검	접지선의 접속 및 접속단자의 풀림	접지선에 확실하게 접속되어 있을 것, 나사의 풀림이 없을 것
중계 단자함 (접속함)	목시 점검	외함의 부식 및 파손	부식 및 손상이 없을 것
		외부배선의 손상 및 접속단자의 풀림	배선에 이상이 없을 것, 나사에 풀림이 없을 것
		접지선의 손상 및 접속단자의 풀림	접지선에 이상이 없을 것, 나사의 풀림이 없을 것
	측정 및 시험	절연저항	① 태양전지-접지선 0.2M $\Omega$ 이상 (1) 측정전압 DC 500 V ② 출력단자-접지 간 1 M $\Omega$ 이상 측정전압 DC 500 V
		개방전압	규정의 전압일 것, 극성이 올바른 것. (각 회로마다 모두 측정)
파워 컨디셔너	목시 점검	외함의 부식 및 파손	부식 및 파손이 없을 것
		외부배선의 손상 및 접속단자의 풀림	배선에 이상이 없을 것, 나사의 풀림이 없을 것
		접지선의 파손 및 접속단자의 풀림	접지선에 이상이 없을 것, 나사의 풀림이 없을 것
		환기확인 (환기구, 환기필터 등)	환기구를 막고 있지 않을 것, 환기필터(있는 경우)막혀 있지 않을 것
		운전 시의 이상음, 진동 및 악취의 유무	운전 시에 이상음, 이상진동 및 악취가 없을 것
	측정	절연저항 (파워컨디셔너 입력단자-접지 간)	1 M $\Omega$ 이상 측정전압 DC 500 V
		표시부의 동작확인	표시상황 및 발전상황에 이상이 없을 것
	투입저지 시한 타이머 (동작시험)	파워컨디셔너가 정지하여 소정 시간 후 자동 시동할 것	
그 외 태양광 발전용 개폐기	목시 점검	태양광발전용 개폐기의 접속단자의 풀림	나사의 풀림이 없을 것
		절연저항	1 M $\Omega$ 이상 측정전압 DC 500 V

주1) 태양전지 어레이에 관해서는 다음의 점에 관해서 점검하여 둘 것을 요망한다 (① 태양전지 모듈 표면의 오염, 유리의 금이 가는 등의 파손, 변색 등이 없을 것, ② 가대의 변형, 녹 및 손상 아울러 모듈 취부부의 풀림이 없을 것).  
주2) 절연저항의 허용치 : 400 V를 넘는 절연저항의 허용치는 0.4 M $\Omega$  이상으로 된다.

치 직전과 시공 중에 태양전지 셀에 금이 가거나 또는 부분 파손이 있거나 변색 등의 있는지를 확인한다. 또한 태양전지 모듈의 표면 유리에 금이 가거나, 상하거나, 변형이 있는지와 프레임이 상하거나 혹은 변형 등이 없는 것을 충분히 확인해야 한다.

일상 점검이나 정기점검 시에는 태양전지 어레이 외의 외관을 관찰하여 태양전지 모듈 표면의 오염, 유

리에 금이 가는 등의 손상, 변색, 낙엽 등의 유무확인, 가대 등의 녹 발생의 유무를 확인한다. 먼지가 많은 설치장소에서는 태양전지 모듈 표면의 오염 검사와 청소가 필요한 장소가 있다.

(2) 배선 케이블 등의 점검

태양광 발전 시스템은 한번 설치하면 장기간 그

대로 사용하게 되기 때문에 전선, 케이블 등이 설치 공사 시의 손상이나 비틀림 등의 원인으로써 절연저항의 저하나 절연파괴를 일으킬 수도 있다. 따라서 공사가 완료되면 체크할 수 없는 부분에 대해서는 공사도중 외관검사 등을 실시하여 기록을 남겨두고 일상점검이나 정기점검 시에 육안점검에 의해서 배선의 손상 유무를 확인한다.

### (3) 접속함/파워컨디셔너

접속함/파워컨디셔너 등의 전기기기는 운반 중에 진동에 의해서 접속부의 나사단자가 풀림이 생기는 수가 있다. 또한 공사현장에서 배선접속을 한 것에 관해서도 가접속 상태 그대로인 것이나 시험 등을 위해서 일시 접속을 번기는 경우가 있다. 따라서 시공 후 태양광 발전 시스템을 운전할 때에는 전기기기 및 접속함 등의 케이블 접속부를 체크하여야 한다. 또한 정극(+ 혹은 P 단자), 부극(- 혹은 N 단자)의 사이에 잘못된 것 혹은 직류회로와 교류회로의 접속의 혼돈 등 중대사고로 될 수도 있기 때문에 충분히 체크하여 두어야 한다. 일상점검이나 정기점검 시에는 목시 점검에 따라 접속단자의 풀림이나 손상 유무를 확인한다.

### (4) 축전지 그 외의 주변기기의 점검

축전지 등 그 외의 주변장치가 있는 경우는 상기와 같은 방법의 점검을 행하는 것과 함께 그런 기기 공급 메이커에서 추천하는 점검항목으로 점검한다.

## 2.2 운전상황의 확인

### (1) 음, 진동, 냄새의 주의

운전 중 이상음, 진동, 이상한 냄새 등을 호가인하고 일반적인 감각과 다른 느낌이 있을 때에는 정밀 점검을 실시한다. 설치자가 점검할 수 없는 경우에는 기기 메이커 혹은 전문가에게 의뢰하여 점검을 하는 것이 바람직하다.

### (2) 운전상황의 점검

주택용 태양광발전시스템의 경우는 전압계, 전류계 등의 계측기기는 없지만 최근에는 소형의 모니터가 보급되고 있어 발전전력, 발전전력량 등이 표시

된다. 이런 데이터가 통상과 크게 다른 값을 표시한 경우는 기기 메이커 혹은 전문가에게 의뢰하여 점검을 하는 것이 바람직하다. 또한 공공·산업용 태양광발전시스템이나 발전사업자용 태양광발전시스템은 계측장치, 표시장치의 설치도 많기 때문에 일상의 운전상황 확인은 여기에서 할 수 있다.

### (3) 축전지 그 외의 주변기기의 점검

상기와 같은 방법의 점검을 행하는 것과 함께 그런 기기 공급 메이커의 추천하는 점검항목을 추천하는 방법으로 점검한다.

## 2.3 태양전지의 어레이의 출력 확인

태양광발전 어레이에서는 소정의 출력을 얻기 위해서 다수의 태양전지 모듈을 직렬 및 병렬로 접속하여 태양전지 어레이를 구성한다. 따라서 설치장소에서 접속작업을 하는 개소가 있고, 이런 접속이 틀리지 않게 했는지 정확히 체크를 할 필요가 있다. 또한, 정기점검 시에도 태양전지 어레이를 출력을 확인하여 동작불량 태양전지 모듈의 발전이나 배선 결함 등의 발견을 사전에 해야 한다.

### (1) 개방전압의 측정

태양전지 어레이의 각 스트링의 개방전압의 불균일에 따라 동작불량의 스트링이나 태양전지 모듈의 검출 및 직렬접속선의 결선누락 사고 등을 검출하기 위해서 하여야 한다. 예를 들면 태양전지 어레이 하나의 스트링 내에 극성을 다르게 접속한 태양전지 모듈이 있으면 스트링 전체의 출력전압은 바른 접속 시의 개방전압보다 상당히 저하한 전압이 측정된다. 따라서 바르게 접속된 때의 개방전압을 카탈로그 혹은 사양서에서 확인하여 두고 그것과 측정치와를 비교하면 극성을 다르게 한 태양전지 모듈이 있는 것을 쉽게 판단할 수 있다. 일사조건이 나쁘기 때문에 카탈로그 등에서 계산한 개방전압과 다소 차가 있는 경우에도 다른 스트링의 측정결과와 비교하면 오접속의 태양전지 모듈의 유무가 판단될 수 있다.

측정할 때 유의해야할 사항을 들면 다음과 같다.

- ① 태양전지 어레이의 표면을 청소하는 것이 필요



하다.

- ② 각 스트링의 측정은 안정된 일사강도가 얻어질 때 하도록 한다.
- ③ 측정시각은 일사강도, 온도의 변동을 극히 적게 하기 위하여 맑을 때 남쪽에 있을 때의 전후 1시간에 실시하는 것이 바람직하다.
- ④ 태양전지는 비오는 날에도 미소한 전압을 발생하고 있기 때문에 충분히 주의하여 측정을 하여야 한다.

(가) 시험기재 : 직류전압계 (테스터)

(나) 개방전압 측정

(다) 측정순서

- ① 접속함의 출력개폐기를 OFF 한다.
- ② 접속함의 각 스트링 단로스위치를 모두 OFF 한다 (단로스위치가 있는 경우).
- ③ 각 모듈이 그늘로 되어있지 않는 것을 확인한다 (각 모듈이 균일한 일조조건에 되기 쉬운 약간 흐림이라는 평가를 하기 쉽다. 단 아침저녁의 작은 일사조건은 피한다).
- ④ 측정하는 스트링의 단로스위치만 ON으로 하여 (단로스위치가 있는 경우), 직류전압계로 각 스트링의 P-N 단자간의 전압을 측정한다. 테스터를 이용한 경우 실수하여 전류 측정 렌지로 하면 단락전류가 흐를 위험이 있기 때문에 주의해야 한다. 또한 디지털 테스터를 이용하는 경우는 극성표시 (플러스, 마이너스)의 확인을 한다.

(라) 평가 : 각 스트링의 개방전압의 값이 측정 시의 조건하에서 타당한 값인지 확인한다 (각 스트링의 전압의 차가 모듈 1매분 개방전압의 1/2보다 적은 것을 목표로 한다).

(2) 단락전류의 확인

태양전지 어레이의 단락전류를 측정하는 것에 의해서 이상한 태양전지 모듈의 유무를 검출할 수가 있

다. 태양전지 모듈의 단락전류는 일사강도에 따라 대폭으로 변화하기 때문에 설치장소에서 단락전류의 측정값으로 판단하는 것은 곤란하지만 동일 회로조건인 스트링이 있는 경우는 스트링 상호의 비교에 따라 어느 정도는 판단이 될 수 있다. 이 경우도 안전한 일사강도가 얻어질 때 실시하는 것이 바람직하다.

#### 2.4 절연저항의 측정

태양광발전시스템의 각부의 절연상태를 확인하여 발전하기 전에 충분히 확인할 필요가 있다. 운전개시나 정기점검 시는 물론 사고 시에도 불량개소의 판정을 하고 싶은 경우 등에 실시한다. 운전개시에 측정된 절연저항치가 그 후의 절연상태의 판단기준으로 되는 것이기 때문에 측정결과를 기록하여 보관해둘 필요가 있다.

(1) 태양전지 회로

태양전지는 낮 동안 항상 전압을 발생하고 있기 때문에 사전에 주의하여 절연저항을 측정할 필요가 있다. 그 때문에 이 같은 상태에서의 절연저항측정에 적당한 측정 장치가 개발되기까지는 아래의 방법으로 절연저항을 측정하는 것을 추천한다.

측정할 때는 뇌보호를 위해서 SPD나 어레스터 등의 피뢰소자가 태양전지 어레이의 출력단에 설치되어 있는 경우가 많으므로 측정 시 그런 소자들의 접지측을 분리시킨다. 또한 절연저항은 기온이나 습도에 영향을 받기 때문에 절연저항 측정 시 기온, 온도 등의 기록도 측정치의 기록과 동시에 기록하여 둔다. 아울러 우천 시나 비가 갠 직후의 절연저항의 측정은 피하는 것이 좋다. 다음은 측정 순서를 설명한다.

(가) 시험기재 : 절연저항계 (메가), 온도계, 습도계, 단락용개폐기

(나) 측정순서

- ① 출력개폐기를 OFF 한다. 출력개폐기의 입력부에서 서지업서버를 취부하고 있는 경우는 접지 단자를 분리시킨다.
- ② 단락용개폐기 (태양전지의 개방전압에서 차단

전압이 높고, 출력개폐기와 동등이상의 전류차 단능력을 가진 전류개폐기의 2차측을 단락하여 1차측에 각각 크립을 취부한 것)를 OFF 한다.

- ③ 전체 스트립의 단로스위치를 OFF한다.
- ④ 단락용개폐기의 1차측 (+) 및 (-)의 크립을, 역류방지 다이오드에서도 태양전지측과 단로스위치와의 사이에 각각 접속한다. 접속 후 대상으로 하는 스트링의 단로스위치를 ON으로 한다. 최후에 단락용개폐기를 ON한다.
- ⑤ 메가의 E 측을 접지단자에, L 측을 단락용개폐기의 2차측에 접속한다. 메가를 ON하여 저항치를 측정한다.
- ⑥ 측정종료 후 필히 단락용개폐기를 OFF로 하여 두고 단로스위치를 OFF로 하고 최후에 스트링의 크립을 벗긴다. 이 순서를 절대로 틀리게 해서는 안 된다. 단로스위치에는 단락전류를 차단하는 기능은 없다. 또한 단락상태에서 크립을 벗기면 아크방전이 생겨 측정자가 화상을 입을 가능성이 있다.
- ⑦ 서지업서버의 접지측 단자를 복원하여 대지전압을 측정해서 잔류전하의 방전상태를 확인한다.

**[참고]** 일사가 있는 때 측정하는 것은 큰 단락전류가 흐르기 때문에 상당히 위험하여 단락용개폐기를 이용할 수 없는 경우에는 절대 측정해서는 안 된다. 또한 태양전지의 직렬수가 많고 전압이 높은 경우는 예측할 수 없는 위험을 방지하는 의미에서도 측정하면 안 된다.

이상에서 태양전지 어레이의 절연저항 측정이 될 수 있다. 아울러 측정할 때는 태양전지에 커버를 씌우고 태양전지의 출력을 저하시키면 보다 안전한 측정을 할 수가 있다. 또한 단락용개폐기 및 전선은 고무 절연 시트 등으로 대지절연을 확보하여 두는 것에 의해서 보다 정확한 측정치를 얻을 수 있다. 따라서 측정자의 안전을 지키기 위해서 고무장갑 혹은 목장갑을 착용할 것을 추천한다.

측정 결과의 판정기준을 전기설비기술기준 제52조에 따라 표 4에 표시한다.

표 4. 절연저항의 측정기준.

전로의 사용전압의 구분		절연저항치 [MΩ]
400V 미만	대지전압(접지식 전로는 전선과 대지간의 전압, 비접지식 전로는 전선간의 전압을 말한다. 이하 같다)이 150V 이하의 경우	0.1 이상
	대지전압이 150V 초과 300V 이하인 경우 (전압측 전선과 중성선 또는 대지간의 절연저항)	0.2 이상
	사용전압이 300V 초과 400V 미만의 경우	0.3 이상
400V 이상		0.4 이상

## (2) 파워컨디셔너회로 (절연변압기 부착)

측정기구로써 500 V의 절연저항계를 이용한다. 파워컨디셔너의 정격전압이 300 V를 넘고 600 V 이하의 경우는 1,000 V의 절연저항계를 이용한다. 측정개소는 파워컨디셔너의 입력회로 및 출력 회로로 한다. 아래에 수순을 표시한다.

### (가) 입력회로

태양전지 회로를 접속함에서 분리하여 파워컨디셔너의 입력단자 및 출력단자를 각각 단락하면서, 입력단자와 대지간의 절연저항을 측정한다. 접속함까지의 전로를 포함하여 절연저항을 측정하는 것으로 된다.

- ① 태양전지 회로를 접속함에서 분리한다.
- ② 분전반 내의 분기개폐기를 개방한다.
- ③ 직류측의 전체의 입력단자 및 교류측의 전체의 출력단자를 각각 단락한다.
- ④ 직류단자와 대지간의 절연저항을 측정한다.

### (나) 출력회로

파워컨디셔너의 입출력 단자를 단락하여 출력단자와 대지간의 절연저항을 측정한다.

교류측 회로를 분전반위치에서 분리하여 측정하기 위하여 전로를 포함해서 절연저항을 측정하게 된다. 절연트랜스가 별도 설치되어 있을 때는 이것도 포함해서 측정한다.

- ① 태양전지 회로를 접속함에서 분리한다.
- ② 분전반 내의 분기개폐기를 개방한다.
- ③ 직류측의 전체의 입력단자 및 교류측의 전체의 출력단자를 각각 단락한다.
- ④ 교류단자와 대지간의 절연저항을 측정한다.

측정결과와 판정기준은 표 4를 참조할 것.

(다) 그 외

- ① 정격전압이 입출력에서 다를 때는 높은측의 전압을 절연저항계의 선택기준으로 한다.
- ② 입출력 단자에 주회로 이외의 제어단자 등이 있는 경우는 이것을 포함해서 측정한다.
- ③ 측정할 때는 서지업서버 등의 전격에 양한 회로에 관해서는 회로에서 분리시킨다.
- ④ 트랜스리스 파워컨디셔너의 경우는 제조업자의 추천하는 방법에 따라 측정한다.

### 2.5 절연내압의 측정

일반적으로 저압회로의 절연은 메이커에서 충분히 검토하고 또한 제작되고 있다. 또한 절연저항의 측정을 실시하는 것으로서 확인할 수 있는 경우가 많기 때문에 설치장소에서의 절연내압시험은 생략되는 것이 일반적이다. 절연내압시험을 실시할 필요가 있는 경우는 다음과 같은 방법으로 실시한다.

#### (1) 태양전지 어레이 회로

앞에 기술한 절연저항측정과 같은 회로조건으로서 표준태양전지 어레이 개방전압을 최대사용전압으로 보고, 최대사용전압의 1.5배의 직류전압 혹은 1배의 교류전압 (500 V 미만일 때는 500 V)을 10분간 인가하여 절연파괴 등의 이상이 생기지 않는 것을 확인한다. 아울러 태양전지의 출력호로에 삽입되어 있는 피뢰소자는 절연시험회로에서 분리시키는 것이 일반적이다.

#### (2) 파워컨디셔너의 회로

앞에 기술한 절연저항측정과 같은 회로조건으로

서 또한 시험전압은 태양전지 어레이 회로의 절연내압시험의 경우와 같이 시험전압을 10분간 인가하여 절연파괴 등의 이상이 생기지 않는 것을 확인한다.

단, 파워컨디셔너 내에는 서지업서버 등 접지되어 있는 부품이 있기 때문에 메이커의 지시하는 방법으로 실시한다.

### 2.6 접지저항의 측정

접지저항계에서 측정하여 전기설비기술기준에 정한 접지저항이 확보되는 것을 확인한다. 구체적인 측정방법에 관해서는 “수변전설비의 계획과 설계” 이순형 저 “기다리” 를 참고하기 바란다.

### 2.7 계통연계 보호 장치의 시험

계전기시험기 등을 사용하여 계전기의 동작특성을 체크하는 것과 함께 전력회사와 협의하여 결정된 보호협조에 맞춘 설치가 되어있는가를 확인한다. 계통연계 보호 기능 중 단독운전방지기능에 관해서는 메이커에서 채용하고 있는 단독운전방지기능의 방식이 다르기 때문에 메이커의 추천하는 방법으로 시험하거나, 메이커에서 시험하여 얻는 것이 필요하다.

## 3. 태양광 발전 시스템의 계측

태양광 발전 시스템의 계측기구나 표시장치는 시스템의 운전상태의 감시, 발전전력량의 파악, 시스템의 성능을 평가하기 위한 데이터 수집 등의 목적으로 설치한다. 태양광발전시스템에는 소규모 시스템에서부터 대형시스템까지 여러 가지 크기가 있다. 아울러 시스템 기기의 성능 및 시스템 종합 운전특성을 상세히 분석·평가하는 연구용의 것 등 여러 가지 용도가 있다. 특히 시스템의 상세한 평가·해석을 위해서 필요한 계측기기 및 설치방법은 전문가에 따라 개개의 시스템마다 그 계측목적에 맞는 것이 설계되는 경우가 많다. 여기에서는 계측과 그 표시의 일반적인 고려방법을 기술한다.

### 3.1 계측·표시에 필요한 기기와 취급

계측·표시의 목적은 얻어지는 데이터의 사용목

적에 의해서 다음의 4가지로 구별할 수가 있다.

- ① 시스템 운전상태의 감시를 위한 계측 혹은 표시
- ② 시스템에 의한 발전전력량을 알기 위한 계측
- ③ 시스템 기기 및 시스템 종합평가를 위한 계측
- ④ 시스템의 운전상황을 견학자에게 보이고 시스템의 홍보를 위한 계측 혹은 표시.

실제의 계측 시스템에서는 이런 것을 단독으로 행하는 경우와 조합하여 행하는 경우가 있다. 계측의 목적으로 계측점, 계측의 정도, 계측치의 취급방법이 다르다. 특히 태양광 발전 시스템의 경우는 일사강도가 시시각각 변화하고 또한 두꺼운 구름이 갑자기 태양을 막으면 태양광 발전 시스템의 출력은 1초 미만의 단위로 1/4~1/5로 변화하는 경우도 있다. 따라서 계측의 샘플링 주기나 연산 시간을 틀리게 하면 큰 오차를 만드는 경우도 있기 때문에 계측 시스템의 계획 시에는 충분한 주의가 필요하다.

계측·표시의 시스템에는 검출기(센서), 신호변환기(트랜듀서), 연산장치, 기억장치, 표시장치 등이 있다. 이런 것의 일부를 사용하거나, 조합해서 계측이나 표시를 행한다. 그런 역할이나 선택 시의 주의사항을 아래에 기술한다.

### (1) 검출기

직류회로의 전압은 직접 혹은 계기용변압기로 변압하여 얻어진다. 또한 직류회로의 전류는 직접 혹은 분류기를 사용하여 검출한다. 직류전력에 관해서는 직접 검출할 수 있는 간편하고 저렴한 검출기가 없이 때문에 전압과 전류를 연산하여 얻는 것이 보통이다.

교류회로의 전압, 전류 및 전력, 역률, 주파수의 계측은 일반적으로 측정하고 있는 것처럼 직접 또는 PT, CT를 설치하여 검출하고, 지시계기 혹은 신호변환기 등에 신호를 공급한다.

또한, 태양광 발전 시스템에서 기상관계 데이터는 중요한 데이터이다. 일사강도(수평면 혹은 태양 전지 어레이의 설치각도와 같은 경사면에서의 경사면 일사강도), 기온, 태양전지 어레이의 온도, 풍속, 풍향, 습도 등의 검출기를 필요에 응해서 설치한다.

### (2) 신호변환기

신호변환기는 검출기에서 검출된 데이터를 컴퓨터나 원방에 설치한 표시장치에 전송하는 경우에 사용한다. 신호변환기는 여러 가지의 검출데이터(전압, 전류, 전력 등)에 맞춘 것이 시판되고 있고 그 중에서 필요한 것을 선택하면 좋다. 또한 신호변환기의 출력신호도 입력신호 0~100%에 대하여 0~5 V, 1~5 V, 4~20 mA 등 여러 가지의 것이 시판되고 있기 때문에 그 중에서 최적의 것을 선택한다. 아울러 이런 신호출력은 노이즈가 혼입되기 어렵도록 실드선을 사용하여 전송하는 것이 좋다. 또한 4~20 mA의 전류신호로 전송하면 노이즈의 염려는 적게 된다.

### (3) 연산장치

연산장치에는 앞에 기술한 직류전력처럼 검출데이터를 연산하지 않으면 안 되는 것에 사용하는 것과 순시의 계측데이터를 적산하여 일정시간마다 평균치, 혹은 적산치를 얻는 것이 있다. 필요로 하는 데이터가 많은 경우는 컴퓨터를 사용하여 연산하면 좋지만, 단독 혹은 매우 적은 데이터만 연산하는 경우는 개별로 연산기를 준비하는 경우도 있다.

### (4) 기억장치

기억장치는 연산장치로써 컴퓨터를 사용하는 경우는 그 메모리 기능을 활용하여 기억하고, 필요가 있으면 콤팩트디스크 등에 데이터를 카피하여 보존하는 방법이 일반적이다. 또한 최근에는 계측장치 자체에 기억장치를 가진 것이 시판되고 있어 필요가 있으면 메모리 카드 등에 카피해서 보완하는 방법도 있다.

## 3.2 주택용 시스템의 경우

일반가정 등에 설치하는 경우에는 순시의 데이터보다도 운전상황 감시를 위하여 계측이나 표시가 필요한 경우가 많다. 따라서 파워컨디셔너가 운전 중인가, 정지 중인가, 혹은 고장인가를 표시(램프 혹은 LED에 의한 표시)하는 것만인 경우가 많다.

계측기기로써는 전력회사에서 공급을 받는 수요 전력량, 설치자로부터 전력회사에 역송전한 잉여전





력량, 그래서 태양광발전 시스템의 발전전력량(교류출력)을 적산전력량계로 계측하는 정도로서의 경우가 많다. 주택용 태양광발전 시스템 모니터 사업에서는 이런 3가지의 전력량을 1개월마다 계량·기록하여 3개월마다 보고하는 것으로 되어 있다.

최근 파워컨디셔너에 디지털 표시장치를 내장하여 순시의 출력전력, 출력전류, 혹은 1일의 발전전력량 등을 선택에 따라 혹은 주기적으로 순차표시하고, 시스템의 운전상황을 표시하도록 한 것도 있다. 또한 이것과 같은 방식의 기능을 가진 가정용의 계측장치도 시판되고 있다.

### 3.3 홍보용 표시장치

견학자의 홍보나 태양광발전시스템의 현재 발전 전력이나 당일의 발전전력량을 표시한다거나, 발전전력량을 석유소비량이나 CO2 억제량 등으로 표시하여 태양광발전시스템의 환경에의 공헌도를 표시하는 경우가 있다. 이 같은 경우 계측 데이터 수집의 트랜스듀서 혹은 컴퓨터의 출력을 사용하는 것이 많지만 표시수치의 행수나 표시의 절환간격 등에 주의할 필요가 있다. 예를 들면 표시의 절환간격이 길면 태양이 그늘에 가려져도 표시되는 발전량은 변화하지 않기 때문에 견학자에게 기이한 감을 주게 되고, 역으로 표시의 절환이 빨라도 일상강도나 다른 데이터와의 관계가 잘 이해되지 않는 경우가 있다. 표시하는 데이터의 수에도 따르지만 1~5초 간격이 적당하다. 또한 최근에는 박형 TV모니터를 사용하여 계측용 퍼스컴과 연동시켜 계측 데이터 외에 설치의 사진 등으로 표현하는 방법도 증가하고 있다.

### 3.4 계측을 위한 소비전력

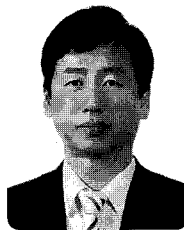
계측기는 미소 하기는 하지만 전력을 계속 소비하게 된다. 즉 24시간 연속해서 가동시키기 때문에 결과적으로 무시할 수 없는 소비전력량이 된다. 주택용이나 공공용의 경우 퍼스널 컴퓨터 등을 사용하여 계측하게 되면 25 W × 24시간에서 약 600 Wh/일의 전력을 소비하게 되기 때문에 3 kW의 주택용 태양광발전시스템의 경우, 평균적으로 1일 발전전력량의 약 5% 이상을 소비하게 되어 버린다. 그러므로 계측장치의 소비전력을 억제하기 위하여 특히 소

규모시스템의 경우 계측항목을 필요 최저한으로 줄이는 것이 중요하다. 참고로 발전사업자용의 경우는 계측용이나 발전소 자체 전력용으로 전력회사에서 별도로 공급받고 있기 때문에 태양광발전시스템에서 발전된 전력과 관계없지만 그렇더라도 소비전력이 적은 시스템을 선택하는 것이 바람직하다.)

## 참고 문헌

- [1] 이순형 저, 태양광발전시스템의 계획과 설계, (주)도서출판 기다리, 2008. 1.
- [2] IEC 60364-7-712 (2002)
- [3] MISAWA PV-SYSTEM
- [4] MISAWA LAND PLANNING
- [5] Ohmsha, 太陽光發電システムの設計と施工
- [6] 지식경제부 - 전기설비기술기준 및 판단기준 (2007)
- [7] 대한전기협회 - 내선 규정 (2006)
- [8] 이순형, 태양광발전시스템의 계획과 설계, 한국전력기술인협회지
- [9] 이순형 저, 수변전설비의 계획과 설계, 기다리
- [10] 이순형 저, 전기설비기술기준 및 판단기준, 기다리
- [11] (주)선강엔지니어링 매뉴얼, 태양광발전 매뉴얼 (2007)
- [12] 이재형, 임동건, 이준신, 태양전기원론, 홍농과학출판사

## 저자약력



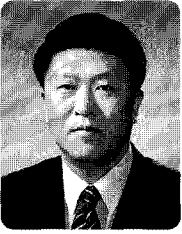
성명 : 최웅성

◆ 학력

- 1991년 동아대학교 공과대학 전기공학과 공학사
- 1993년 동아대학교 대학원 전기공학과 공학석사
- 1998년 동아대학교 대학원 전기공학과 공학박사

◆ 경력

- 1999년 - 2001년 JAIST Post-doc. fellow
- 2001년 - 2003년 오사카대학 Post-doc. fellow
- 2002년 - 2006년 원광대학교 연구교수
- 2006년 - 현재 동신대학교 전기공학과 교수



성 명 : 이경섭

- ◆ 학 력
  - 1983년 조선대학교 공과대학 전기공학과 공학사
  - 1986년 조선대학교 대학원 전기공학과 공학석사
  - 1991년 조선대학교 대학원 전기공학과 공학박사

- ◆ 경 력
  - 1988년 - 현재 동신대학교 전기공학과 교수
  - 1994년 - 1995년 동경공업대학 객원연구원
  - 2006년 - 현재 에너지인력양성사업단 단장



성 명 : 이순형

- ◆ 학 력
  - 2003년 동신대학교 대학원 전기공학과 공학석사

- ◆ 경 력
  - 1995년 건축전기설비기술사
  - 2003년 - 현재 (주)선강엔지니어링 대표이사

