

Photovoltaic Power Generating System

태양광발전시스템의 계획과 설계 VI

이번호에서는 태양광발전시스템의 중요 부분에 대한 설계기법을 중심으로 그동안 설계에 반영하기 위해 검토했던 기술자료들을 소개해 보고자 한다. 특히 국내 발전사업용 태양광발전소에서는 종종 태양전지어레이 설치를 추적식(트래킹)으로 시설하는 사례를 많이 볼 수 있는데, 이는 종합적인 검토와 깊은 연구도 없이 추적식이 좋다는 일반적인 상식으로 시설하는 경우가 많아 필자는 무척 아쉽게 생각하고 있다.

글 _ 이순형(No. 4137) 협회 이사 | (주)선강엔지니어링 대표이사

1. 설계의 세부목록

먼저 태양전지 어레이를 설계할 때의 주의사항이나 유의해야 할 사항을 기술한다.

(1) 태양전지 어레이

1) 어레이의 경사각 : 태양전지 어레이의 경사각은 우리나라에서 보통 30°로 설계하는 경우가 대부분이지만 적용범위는 10~90°의 범위에서 각각 목적에 맞도록 설계하는 것을 추천한다. 그러나 특별한 경우 10° 이하로 시설할 경우에는 강우에 의한 어레이의 자정효과가 충분하지 못하고 태양전지 모듈의 유리면의 하부나 알미늄테 주변에 오물이 남아있을 수 있어 청소를 별도로 하는 경우가 많아진다고 볼 수 있다.

또한 적설량이 많은 지역에서는 45° 이상의 각도로 하여 20~30cm정도의 적설에도 자연적으로 흘러내리도록 하는 설계를 할 필요가 있다. 참고로 적설량이 유난히 많은 건물 옥상에 시설하는 어레이의 경우 눈으로 인한 낙하 방지기구를 별도로 시설하지 않는 경우에는 바로 밑에 보행자 등에게 위

해를 미치는 지붕 등에는 태양전지의 설치는 피해야 한다.

추적식(트래킹 방식)의 경우 실험용 설비를 제외하고 태양을 추적하는 방식을 적용하는 것은 우리나라에서 바람직하지 못하다. 미국이나 사막지대와는 달라서 지상에 도달하는 태양광중 산란광 성분의 비율이 비교적 많기 때문에 각도 가변기구(트래킹)의 설치비용이나, 그 기구를 사용하는 전력 및 오동작이나 정지에 의한 유지보수비, 태풍 등을 종합적으로 고려한다면 오히려 태양전지의 설치용량을 조금이라도 더 많게 시설하여 발전량을 증가시키는 것이 효과가 더 크다고 추천하고 싶다.(참고로 다설 지역에서 설치하는 경우에는 그 계절에만 60~90°로 경사각을 변경하여 눈의 피해를 경감시키고 방법을 이웃 일본 등에서는 종종 시설하는 사례를 볼 수 있다)

2) 모듈의 취부방향 : 태양전지 모듈은 대부분 장방향의 형상이다. 모듈의 긴 방향이 상하가 되도록 태양전지 어레이에 취부한 경우를 종설치라 부르고, 긴 방향이 좌우로 되도록 취부한 경우를 횡설치라 부른다.



모듈을 종설치로 한 어레이 보다 부지가 약간 적게되기 때문에 횡설치하는 것이 많지만, 반면 모듈의 알루미늄테와 유리면과의 단차의 수가 약 2배정도 되기 때문에 자연강우에 의한 세정효과가 떨어진다. 또한 적설의 경우도 같은 이유로 설명할 수 있다. 따라서 먼지, 꽃가루, 날아드는 해염입자 등이 많은 지역, 적설지대에서는 종설치로 하는 것이 바람직하다.

3) 조류 퇴치 시설물 : 조류 퇴치용의 시설물은 어레이의 상부 및 좌우, 하부에 예리한 산형의 기구나 직경 1.5~2.0mm의 탄성을 구비한 스테인레스선 등을 천공방향으로 취부하는 것이 효과적이다. 극히 가는 스테인레스 와이어 수분을 조류가 머물지 못하도록 상부에 당겨서 묶어두는 방법도 있다.

2. 태양광발전 시스템의 전기설계

공공·산업용의 태양광발전시스템을 설치하는 경우에서, 전기설비기술기준의 판단기준 및 전력품질 확보에 관련된 계통연계기술요건과 적합성, 태양전지 어레이의 구성, 파워컨디셔너와 접속함의 선정, 계통연계 보호장치의 선정, 시스템 간의 전기적 접속의 결정법 등의 전기설계에 관해서 일반적인 검토내용과 함께 다음과 같은 설계 전제조건에서 사례에 따라 기술해 보기로 한다. 본 전기설계전에 태양전지의 용량이나 취부방법에 관해서는 검토되어 있는 것으로 한다.

- 시스템 : 발전사업자용 태양광발전 시스템(200kW)
- 발전전압 : 220/380/22,900V
- 태양전지 모듈 (25°C, 1000 W/m², AM 1.5)

최대출력	140 W
최대출력 동작전압	20V
최대출력 동작전류	7A
개방전압	24V
외형치수 [m]	1150x1000x35

(1) 전기설비 기술기준의 판단기준 및 전력품질확보에 관련된 계통연계기술 적합성

1) 전기방식의 결정

우선 최초로 전기설비기술기준 및 판단기준에 적합한 전기방식을 결정한다.

(전기방식은 통상은 3상 회로에 연계하는 것으로 된다. 그러나 상간전압 불평형에 의한 영향이 사실상 문제로 되지 않는 때는 단상을 겸한 방식으로 연계해도 좋다.)

자체 공급용 계통연계형의 경우 학교나 빌딩 등 업무용 전력의 경우에는 단상연계도 검토 해 볼 수 있다. 그러나 발전사업자용의 경우 대용량 시설하는 경우에는 대부분 3상 380V로 공급하지만, 소용량 어레이 구성을 포함하고 있는 경우에는 단상을 겸하고 있어 220/380V로 공급하는 경우가 많다.

2) 계통연계 보호장치의 결정

전기설비 기술기준의 판단기준(이하 "판단기준"이라 함)을 고려하여 계통연계 보호장치를 결정한다. 계통연계의 전압구분은 수전점의 전압으로 결정되고 22,900V 수전의 경우에는 특별고압연계로 된다.

특별고압연계의 경우에는 저압연계에서 필요한 과전압 계전기(OVR), 부족전압 계전기(UVR), 주파수상승 계전기(OFR), 주파수저하 계전기(UFR), 이외에 계통단락 사고보호를 위하여 지락과전압 계전기(OVGR)를 고압측에 설치하고, 지락과전압 계전기(OVGR) 동작시에는 태양광발전 시스템의 운전을 정지한다.

참고로 태양광발전시스템의 경우 주간에만 발전하고 야간에는 정지하는 발전 특성상 보호계전시스템의 선정과 정정은 아주 특별하고 중요하다 하겠다. 어레이의 구성이 단상과 3상을 겸하고 있고, 전력회사 측에서 승압용 변압기의 결선을 승압측을 Y로 하여 직접 접지할것을 요구하고 있기 때문에 저압측 결선에 한계가 있다. 3상 4선식으로 승압할 경우에는 Y결선으로 해야 하기 때문에 3고조파를 줄일 수 있는 Δ결선을 포함한 3권선 변압기를 선정하여야하는 경우가 있다. 이러한 모든 조건을 종합하여 여자전류는 물론 고조파전류에 따라 OCGR측 계전기가 종종 동작하는 사례가 발생하고 있다.

이를 해결하는 방법을 이 곳에서 자세히 설명할 수는 없지만 설계 단계에서 깊은 검토가 필요하다 하겠다.

(2) 태양전지 어레이의 구성

설치장소가 결정되면 태양전지 모듈의 배치와 전기적인 접속의 설계를 진행한다. 현재 실용화 되어있는 파워컨디셔너는 직류입력전압이 380V가 많기 때문에 태양전지 모듈의 정격전압이 약 380V로 되도록 1스트링의 직렬매수를 선정한다.

(3) 파워 컨디셔너의 선정

발전사업자용 인버터는 대용량화 되어 가고 있다. 독일계품 등의 경우 250kVA가 일반적이고 그 외는 보통 100kVA, 200kVA 등을 적용하고 있다.(참고로 일본의 경우 발전사업자용 태양광발전소가 많지 않기 때문에 소용량 인버터가 일반화 되어 있다)

축전지 취부의 경우에는 직류회로에 축전지를 접속할 필요가 있기 때문에 직류공통형을 채용한다.

파워 컨디셔너는 태양전지 용량과 같은 용량을 선정하는 경우가 많지만 태양전지가 수직면에 취부되어 있는 때 등은 태양전지 용량보다 적은 용량을 선정해도 지장은 없다.

파워 컨디셔너를 선정할 때 주의 사항으로는 전기적으로 태양전지의 전압변동 범위와 파워 컨디셔너의 최대전력 추종제어범위를 포함한 직류입력범위의 정합성을 확인할 필요가 있다. 태양전지의 개방전압이 파워컨디셔너의 최대입력전압을 넘지 않도록 하는 것도 확인한다.

접속함은 태양전지 모듈 메이커나 파워컨디셔너 메이커에서 시스템에 적합한 것이 공급된다.

(4) 시스템간의 전기적 접속의 결정법

1) 태양전지 모듈 간과 태양전지 모듈과 접속함 간의 배선

최근의 태양전지 모듈은 콘넥타 부착 리드선을 표준으로 구비하고 있는 것이 많다.

이때는 리드선으로 모듈간을 접속한다. 단자대 방식의 것은 접속용의 전선을 준비한다. 전압강하나 기계적 강도의 점에

서 케이블은 1.5mm² 이상의 가교 폴리에틸렌 케이블 (CV) 등이 이용되고 있다.

참고로 일반적인 배선방법은 교류배선공사로 부하를 병렬로 결선하는 공사가 그 대부분을 차지하지만, 태양광발전시스템에 관련된 전기공사는 직류배선공사가 대부분이기 때문에 이와 함께 직렬·병렬로 결선하는 경우가 많으므로 극성에 특별히 주의할 필요가 있다.

2) 태양전지 모듈과 파워컨디셔너 간의 배선

① 태양전지 모듈간의 배선에 사용하는 전선 굵기는 1.5mm²의 전선을 사용하면 단락전류에 충분히 견딘다.

② 태양전지 모듈의 이면에서 접속용 케이블이 2본씩 (단자함의 경우도 있다) 나오기 때문에 필히 극성표시를 확인한 후에 결선한다. 극성표시는 단자함 내부에 표시를 한 것, 리드선의 케이블 콘넥타에 극성을 표시한 것이 있다. 어느 것이라도 정극(+ 혹은 P), 부극(- 혹은 N)으로 표시되어 있다. (메이커에 따라 표시가 다름)

③ 태양전지 모듈을, 스트링의 필요 매수분을 직렬로 결선하여 어레이상에 조립한다. 케이블을 각 스트링에서 접속함까지 배선하여 접속함 내에서 병렬 접속한다. 이 경우 케이블에 스트링 번호를 기입하여 두면 후일의 점검에 편리하다.

④ 접속함의 설치장소는 어레이 부근에 설치하는 것이 요망되지만 건물의 구조나 미관상 설치장소가 제한될 수가 있다. 그 경우에도 후일의 점검이나 부품교환 등을 고려하여 설치하는 것이 필요하다.

⑤ 접속함에서 파워컨디셔너까지의 배선은 전압강하율을 1~2%로 하는 것을 추천한다. 전압강하를 1V로 한때의 전선최대 공장표를 이용하는 것이 바람직 하다.(이순형 저, 태양광발전시스템의 계획과 설계 참조)

⑥ 태양전지 어레이를 지상에 설치하는 경우에는 지중배선으로 하는 것이 바람직하다.

3) 접속함과 파워 컨디셔너 간의 배선



접속함 출력의 직류간선은 전용량의 케이블로 파워컨디셔너로 배선을 연결하는 방식으로 한다. 필자의 경험으로는 직류 주회로의 전선 전압강하를 1~2% 정도의 목표로 선정한다.

접속함과 파워컨디셔너간의 거리를 약 50m로 하여 전압강하를 1%로 하면 전선의 굵기를 50 mm²로 선정하면 된다.(이 부분에 대한 전선 계산에 따른 공장표는 생략하므로 향후 출판될 "태양광발전시스템의 계획과 설계" 이순형 저를 참고하기 바란다.)

4) 파워 컨디셔너와 연계용 배선용 차단기까지의 배선

구내 배전선과의 접속은 수전설비의 저압반이나 구내 배전반에 전용 차단기를 설치한다. 전선은 CV 케이블이 적당하고 전압강하를 고려하여 적절한 굵기로 선정한다.

5) 접속선에 관해서

기기간 접속에는 필히 접속선을 동시에 접속한다.

(5) 그 외

공공·산업용의 시스템에는 계측장치나 표시장치가 부족 되는 것이 많다. 특히 신축의 경우에는 배선 경로를 결정하여 배선 등도 미리 행하여 두는 것도 좋다.

(6) 접지공사

누전에 의한 인사사고 및 화재에서 인명재산을 지키기 위하여 전기기기의 접지를 충분하게 시공하여 두는 것이 중요하다. 전기기기의 가대, 금속관, 금속선, 금속덕트, 케이블의 금속피복체 등이 그 대상으로 된다.

1) 접지공사의 종류

여기서 접지공사에 대해서 설명하는데, 우선 전기설비기술 기준과 판단기준을 기준으로 설명하기로 한다. IEC에 관련된 TN계통에 대해서는 별도로 설명할 기회를 통해 소개하기로 한다. 접지공사에는 제1종 접지공사, 제2종 접지공사, 제3종 접지공사 및 특별 제3종 접지공사의 4종류가 있다.

2) 접지공사의 적용

① 기계기구의 접지 : 태양광발전시스템의 경우는 태양전지 판넬, 가대, 접속함, 파워컨디셔너의 외함, 금속배관 등의 노출 비충전 부분은 누전에 의한 감전이나 화재 등을 방지하기 위하여 태양전지 어레이의 출력전압이 400V이하에서는 제3종 접지공사를 400V를 넘는 경우는 특별 제3종 접지공사를 실시한다.

② 태양광발전 시스템의 직류전로의 접지 : 태양전지에서 파워컨디셔너까지의 직류전로(어레이 주회로)는 원칙으로서 접지공사를 시행하지 않는다.

【표 2-1】 태양전지 어레이용 전기회로 설계표준에 의한 접지선의 굵기

태양전지 어레이 출력	접지선의 굵기 [mm ²]
500W 이하	1.5
500W를 넘고 2kW 이하	2.5
2kW를 넘는 경우	4

참고로 태양광발전시스템은 접지에 민감한 반응을 하는 경우가 있다. 설계시 사전에 충분한 검토가 필요하다.

계속