

Photovoltaic Power Generating System

태양광발전시스템의 계획과 설계V

그 동안 국내에 시설된 많은 태양광발전시스템에서 하나둘씩 발생되기 시작한 문제점들과 고장 등을 분석해 보면 공통적으로 발견된 부분이 설계당시 기초자료 부족과 주변여건 등을 충분히 검토하지 못한 단순한 설계에서 비롯되고 있다는 점을 느끼게 된다. 참고로 미국이나 독일 그리고 이웃 일본의 경우를 보면 아주 작은 용량이라도 태양광발전시스템의 효율을 극대화하기 위하여 보다 정밀하고 구체적인 방법 등을 활용하고 있다.

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

그 중 간단히 하나의 예를 들면 태양위치도 등을 적극적으로 활용하고 있다는 것이다. 반면 국내의 경우 태양광발전시스템을 도입하면서 대부분 체계적으로 설계하지 않고 관련 연구소 등에서 설계부터 시설까지 한 사례가 많았다. 그러다가 2005년경부터 전력기술관리법에 의한 전기설계업 면허를 등록한 전기설계사무소에서 설계를 하기 시작했는데, 아직까지도 태양광발전에 관한 구체적이고 정밀한 데이터가 체계적으로 정리되지 못한 상태에서 일반적인 자료들을 활용하여 설계하고 있는 결과들이 발전이 시작된지 약 4~5년이 되어가면서 문제점들이 하나둘씩 나타나기 시작한 것이다. 현재 태양광발전시스템의 시설이 급격히 늘어나고 있는 추세를 감안 한다면 우리도 선진 외국들과 마찬가지로 이 분야에 많은 연구와 정확하고 다양한 자료 축적을 통한 전문적인 설계가 필요한 시기라고 생각한다. 협회지를 통해 모든 자료를 소개하지는 못하겠지만, 이렇게 소개한 자료들을 작은 시작으로 생각하고 전력기술인들과 이 분야를 설계하고 있는 설계자들에게 조금이라도 도움이 됐으면 하는 바람이다.

1) 일조와 그늘의 검토

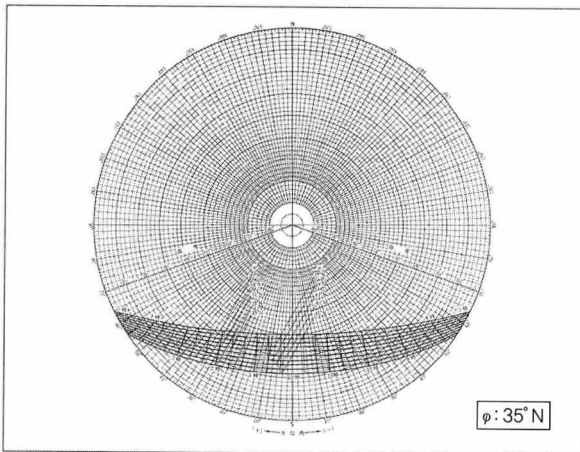
앞부분에서 기술한 발전량 산출사례는 주변에 가로막는 것들이 없는 이상적인 경우를 말하는 것이고 실제로는 태양광발전을 위한 설치 장소 부근에 빌딩 등에 의해 일사를 차단당하는 경우가 많다. 전번호(10월호)에 실린 그림 1.4을 이용해서 간단하게 검토해 보기로 하자. 종축은 관측위치에서 본 태양의 고도(보는 각도), 횡축은 관측위치에서 정남을 바라볼 때 0°로 해서 동서의 방위를 표시한다. 검토 조건의 전제로서 북위 35°에 설치하는 것을 가정하고 그 위치에서 바라보면 사방이 산으로 둘러져 있고 그리고 남동측에 10층 빌딩이 있다고 보고 설명한다.

그리고 12월을 가정하여 아침은 그늘이 있어 일조가 없고 계속해서 인접 빌딩에 가려져서 오전 9시 20분까지는 직사일광이 없는 것을 알 수 있다. 또한 석양에도 오후 3시경 이후는 산에 가려져서 직사일광을 얻을 수 없다. 이 예처럼 직사일광이 가려지는 경우의 발전량은 그늘 등으로 가려지는 것이 없는 경우에 비해서 약 10~20%로 저하하기 때문에 설



계할 때 주위상황에 의한 발전 저하분을 발전량 시험산출 결과에 반영할 필요가 있다.

상기 내용에서는 타 장애물 등에 의한 그늘의 영향을 기술하였지만 또 하나 중요한 검토사항은 태양전지 어레이간의 그늘에 대한 검토가 있다. 앞에서 지상·평지붕에 놓는 경우의 태양전지 어레이의 설치방법을 소개했었지만 발전사업자를 포함하여 어레이 설치 조건과 간격은 아주 중요한데, 태양전지 어레이 간의 거리가 적으면 남측에서 봐서 후측의 어레이는 전방 어레이의 그늘에 들어가는 수가 있다. 일반적으로 수평면에 수직으로 세워진 높이 L의 구조물이 만든 그림자의 남북방향의 길이를 Ls, 태양의 높이를 h, 방위각을 α로 할 때 그림자의 배율 R은 다음 식으로 표시된다.



【그림 1-5】 태양위치도

$$R = \frac{Ls}{L} = \cot h \cdot \cos \alpha$$

어레이의 그림자 길이는 설치장소의 위도, 계절, 시각에 따라 다르지만 최고로 그림자가 많은 동지의 오전 9시에서 오후 3시 사이에 어레이에 그림자가 걸리지 않도록 하면 태양전지 출력에는 거의 영향이 없다.

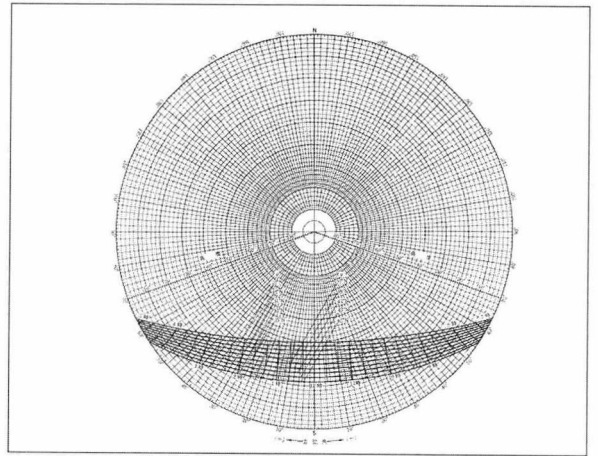
따라서 [동지의 태양위치도] 그림 1-6에서 이 시간대의 태양의 높이 h와 방위각 α를 알고 그림자의 배율 R을 구하면 좋다.

전번호(10월호)에서 예를 들었듯이 시설위치를 35°로서 그림에서 최고로 그림자가 길게 되는 오전 9시(오후 3시)에 고

도 18°, 위상각 43°가 알게 되어 윗식에 따라 그림자의 배율은 2.3으로 된다.

여기서는 일부 일본자료를 이용해서 설명했지만, 앞으로 국내에 출판될 “태양광발전시스템의 계획과 설계”(이순형 저)를 참고하여 설계하면 국내실정에 맞는 정확한 시스템을 구축할 수 있을 것이다.

2) 설계조건외 정리



【그림 1-6】 동지의 태양위치도

설계를 할 때는 우선 사전조사를 충분히 하여야 한다. 그리고 그 결과에서 얻어진 자료들을 종합 정리하여 기본설계와 실시설계에 반영시킨다.

(1) 사전조사

설계를 시작하기 전에 현지조사를 충분히 한다.

(a) 조레, 전력계통 등의 조사 : 태양광발전소를 구축하기 위해서는 각 지자체 등에 따라 그 지방의 특성에 맞는 여러 가지 행정절차가 있는데, 그 지자체의 조레 등이 다르기 때문에 부지 선정 때 이미 정확한 사전조사가 있어야 한다. 어느 지역에서는 조레 등에 따라 건축적인 제한 등이 많이 늘어나게 되기 때문에 잘못하면 토지를 구입해 놓고도 발전소를 건설하지 못하는 경우가 발생하고 있다. 또한 인접하는 시설물과 지역주민들과의 사이에 일조권은 물론 환경적인 부분에

이르기 까지 분쟁이 발생되지 않도록 설계자는 인·허가시부터 사전협의를 충분히 하여야 한다. 그리고 발전소의 시설용량에 따라 한국전력공사의 배전선로의 접근성과 그 선로의 용량을 사전에 확인하는 것이 필수작업이라 하겠다.(참고로 현재 22.9kV-y선로에는 3MW까지 밖에 연결할 수 없기 때문에 그 선로에 이미 타 발전사업자 선로가 연결되어 있는지도 검토해야 하며, 혹시 3MW 초과시 154kV 송전선로에 직접 연결하여야 하기 때문에 이에 대한 검토도 동시에 이루어져야 한다)

(b) 환경조건의 조사

① 광장해의 장애 : 산그늘, 수목의 그늘, 건물의 그늘, 연둠, 전주, 철탑 등의 그늘에 따라 태양전지 모듈에 그늘이 발생하면 발전전력량은 대폭적으로 저하하게 된다. 또한 그늘의 발생 상태에 따라서는 hot spot라 부르는 국부 발열현상이 발생한다.

주변의 건물이나 수목의 낙엽 등의 영향이 없는지를 충분히 조사한다. 아울러 모래먼지나 화산재 등의 퇴적물에 관해서도 조사한다.

특히 설계당시 주변의 수목이 작아 그늘에 의한 영향이 없는 것 같이 보일 수 있지만, 수목은 종류에 따라서 1년에 0.3~0.5m 정도 성장하는 것을 고려하여야 하여야 한다.

② 염해 · 공해의 유해 : 해안지역부근에서는 염해의 유해 · 녹발생 등의 상황을 사전에 조사한다. 염해가 있는 지역에서는 이중금속접속에 의한 접속부식이 현저하게 나타나기 때문에 이중금속간에 절연물을 사용하는 등의 대책이 별도로 필요하다. 또한 중공업지대나 통행량이 많은 도로 옆 등, 대기중의 아황산가스 농도가 높은 지역에서는 금속의 녹, 부식이 심하게 촉진되기 때문에 설계당시 사전검토가 필요하며, 강재를 사용하여 용융아연처리를 행하는 경우에는 아연부착 두께를 환경에 따라서 변화할 필요가 있다. 발전 후 약 20년 이상의 내용 연수를 얻으려면 중공업지대나 해안지대에서는 550~600g/m² (JIS HDZ 55) 이상, 교외지역에서는 400g/m² (HDZ 40) 이상의 아연도금량이 필요하다.

③ 동계적설 · 결빙 · 뇌해상태 : 과거 30년 정도의 소재지 기상청의 데이터를 입수하여 최다적설시에도 태양전지 어레이가 매몰되지 않는 높이로 한다. 또한 태양전지 어레이의 경사각도를 10~20cm의 적설 자중에서 스스로 용이하게 흘러내리고 결빙되지 않을 각도(설계자의 깊은 관심과 배려가 필요함)로 설정하면 적설에 의한 발전손실을 적게 할 수 있다.

유도뢰에 의한 기기의 파손을 방지하기 위해서 선간에 피뢰소자를 설치하고 특히 낙뢰가 많은 지역에서는 피뢰침의 설치도 적극 검토한다.

④ 자연재해 : 설치 예정 장소가 주위보다 낮은 경우, 집중호우나 태풍시에 배수가 나빠 물이 고이는 우려는 없는가 주변의 하천이 범람하여 어레이가 수몰되는 등의 가능성은 없는가, 과거의 사례를 포함해서 조사해 두고, 그곳에 오래 거주하고 있는 연장자에게 경험을 듣는 것도 국지적인 기상조건을 아는데 아주 유효하다.

⑤ 새 등의 분비물 피해 유무 : 새의 분비물에는 유분이 있어, 부착 건조하면 비 등으로는 용이하게 녹지 않고 수광장애로 된다. 주변의 건축물이나 전신주, 수목에 비둘기, 까마귀 등 그 외의 야생조류의 분비물의 부착의 발생 우려는 없는가, 그 양은 어느 정도인가, 또한 부근의 수목 · 산림의 유무 등의 주변상황을 조사하여 필요하다면 새막이 그물을 설치할 필요가 있다.(이는 초기 투자에 따른 발전단가의 회수기간을 동시에 고려하여야 한다)

(c) 설치조건의 조사

① 설치 예정 장소의 조사 : 지상(대지) 설치의 경우에는 진흙이나 모래의 튀김, 소동물에 의한 피해를 방지하는 목적으로 최소한 지상 1m이상 높이에 시설하도록 계획하는 것이 바람직하다.(설계자가 주변의 설계 여건을 조사하여 가장 효율적이고 경제적인 방법을 선정하여야 함), 경사면에 설치하는 경우는 집중호우 등에 의한 경사면의 붕괴의 위험성은 없는가, 경사면의 배수를 촉진시키는 배수관 매립의 필요성 등을 검토한다. 지반강도가 충분하지 않는 경우는 항타작업이나 경사면 각도를 가능한



적게하는 등의 공사가 필요하다.

또한 기초를 검토할 때 필요한 지내력에 관해서 조사해 두고 아울러 직하의 활단층이 없는가 등을 관련 기관 등에 자료를 이용하여 설계시 반영한다.

건물의 옥상에 설치하는 경우는 들보의 위치나 방수구조 등의 건물의 구조상에 관련된 사항이나 각종 타워 등에 의한 그늘의 영향을 정확하게 조사하여, 태양전지 어레이의 설치장소, 방향, 가대각도 등의 최적 설계를 행한다. 이때 배수구배의 방향도 고려하여 배수의 장애가 없는 기초구조로 한다. 또한 벽면에 취부할 때는 태양전지의 온도상승에 의한 출력저하를 일으키지 않도록 자연대류에 의한 방열 틈새·배기구를 설치하는 것이 필요하다.

② 건물의 상태 : 주택용 태양광발전설비의 경우 기존건물의 옥상이나 개인주택의 평지붕위에 설치하는 기초 및 어레이는 자중에 가해지는 풍압, 적설의 최대하중에도 건물의 강도가 충분하기를 검토하여 설계를 한다. 또한 누수대책이나 방화대책도 충분히 검토한다.

③ 재료의 반입경로 : 설치장소에 이르는 도로폭이나 포장의 내하중, 가공배전선이나 전화선의 유무, 높이 등을 조사하여두고, 공사시의 재료반입에 대비한다.

(2) 설계조건 검토

(a) 태양전지 어레이의 방위각과 경사각 : 남향으로 설치할 수 있는 장소를 선택하고, 20~50° 전후의 경사각을 갖도록 한다. 또한 그늘의 영향이 없도록 한다. 지금까지의 국내 설치 예를 보면, 경사각은 설치장소의 위도와 거의 동일하게 하는 것이 이상적이지만 코스트 저감 때문에 설치각도를 적게 하는 경우도 많다.

(b) 태양전지 어레이용 가대

① 가대의 재질 : 가대의 재질은 환경조건과 설계 내용연수에 따라 선택·결정한다. 어레이용 가대는 설치장소에 적절하게 현장에서 직접 설계도서에 맞도록 제작 하는 경우가 많다.(참고로 현재 설계에 적용하는 적정한 재질로는 내용 연수 등을 고려하여 SS400의 강재용융아연도

금 마무리 제품을 추천한다)

스테인레스강 SUS 316 은 염해 등에 대해서 최고 내성이 높지만 구입이 곤란하고 고가이다.(참고로 해상설치의 경우 SUS 304를 추천한다)

알루미늄 합금제도 검토될 수 있지만 고가로서 품종의 선택이나 표면처리를 잘못하면 알루미늄합금 본바탕은 철 보다 더 활성이 높기 때문에 부식의 진행이 빠른점을 고려할 필요가 있다.

② 가대의 강도 : 특수한 폭설지대를 제외하고 최저한 자중에 풍압력을 가한 하중에 견디는 것이어야 한다. 옥상설치의 경우도 자중과 풍압의 최대하중으로 설계하여 두면 좋다. 가대의 강도계산 방법에 관해서는 별도로 기획에 자세히 설명하기로 한다.

③ 가대의 내용연수 : 내용연수를 몇 년으로 설정하는가, 등에 의해서 재질을 선택한다. 아래에 내용연수의 목표를 표시한다.

강재 + 도장 (도장색 : 5~10년에 재도장)

강재 + 용융아연도금 : 20~30년

스테인리스 : 30년 이상

(c) 가대고정기초 : 지상설치 경우의 기초는 지내력을 조사하여 지진에도 견딜 수 있도록 콘크리트 후딩 혹은 베타기초로서 충분한 철골을 사용하여 강도를 갖도록 한다. 단 과잉설계를 하지 않고, 충분한 강도를 가진 경제적인 것이 요구된다. 옥상설치의 경우는 방수층의 상황을 고려해야 하지만 가능하면 콘크리트 매립 L형 앵커볼트 혹은 케미컬 앵커로 가대를 고정하는 것이 필요하다.

계속