

태양광 발전시설의 설계 및 설치

영남대학교 디스플레이화학공학부 교수 정 재 학

1. 태양광 발전 시스템

태양에너지 발전은 다른 발전에 비해 대기오염, 소음, 발열, 진동 등의 공해가 전혀 없는 Clean Energy로써, 연료의 수송 및 발전설비의 유지관리가 거의 불필요하며 장치의 수명이 길고 설비 규모의 선택과 설치공사가 쉽다. 태양광 발전시스템은 태양광전지의 배열 판을 어떻게 그리고 어디에 설치하느냐에 따라 가정용, 건물일체형(Building Integrated Photo Voltaic), 발전 시설 용으로 나뉜다. 또 발전 용량을 극대화하기 위해 태양의 자오선 방향을 수직으로 태양의 위치를 따라가며 그 방향을 바꾸는 정도에 따라 태양추적형, 반 추적형, 고정형 태양전지 설비로 나뉜다.

일반적으로 태양광 발전은 기존의 상업용 송전 선에 물려 발전된 전기를 기존 계통선로에 송전하도록 설비한다. 이를 개통연계형 태양광 발전이라 하며, 이는 현재 민간이 투자한 태양광 발전 설비에 의해 발전된 전기를 계통선로를 통해 송전 할 경우 한국 전력이 생산하는 전기 단가의 약6~8배를 보상하고있는 제도로 인해 일반화 되었다. 우선 태양전지 판에 의해 생산된 전기는 직류이므로 PCS(Power Conditioning System)에 의해 충전 및 인버팅한 후 계통연계안장장치를 통해 상업용 계통 연계선로로 송전되며 그 송전량을 읽는 장치에 의해 송전 누계를 표시한다. 다음 그림 1.에 개략적인 태양광발전시스템의 개략도를 나타내었다.

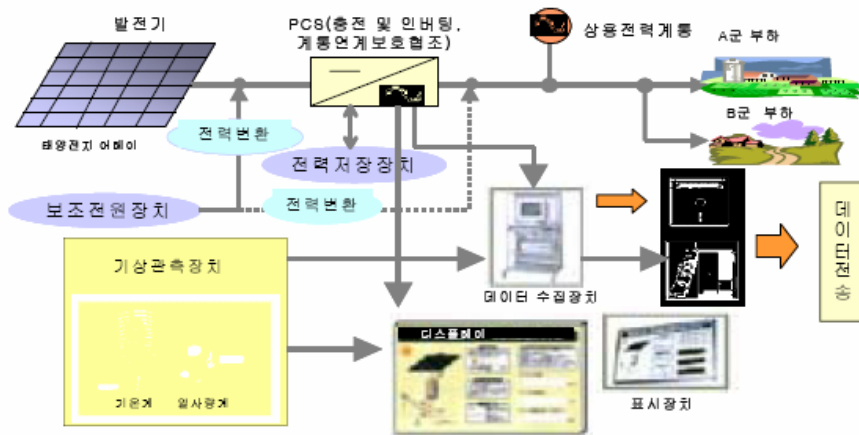


그림 1. 태양광발전시스템 계통도

태양광발전용 전력변환장치 (PCS:Power Conditioning System)는 태양전지 어레이로부터 발생된 직류전력을 상용주파수,전압의 교류로 변환하여 전력계통에 연계함과 동시에 시스템의 직류, 교류측의 전기적인 감시 보호를 하며, 태양전지 본체를 제외한 주변장치 중에서 신뢰성 향상과 가격 저감에 중요한 부분이다. 태양광발전시스템에서는 인버터 부분에 절연트랜스를 사용하여 태양 전지 측의 직류전력과 계통연계측의 교류전력과의 혼축을 방지하는 구성이 사용되고 있다. 절연트랜스의 목적은 태양광발전시스템으로부터 전력계통에 직류성분이 유출되는 것을 방지하는 것과 상용계통으로부터 태양광발전시스템에 이상전위가 유입되는 것을 방지하기 위한 것이다.

태양광발전시스템의 전력계통과의 절연방식에는 상용주파수변압기절연방식과 고주파링크형 절

연방식 그리고 무변압기형의 3종류가 있다. 상용주파수 절연방식은 인버터의 교류출력부에 60Hz의 상용주파수 절연트랜스를 접속하는 것이며, 기술적으로 안정된 실적이 있는 회로로서 많은 인버터에 사용되고 있다. PCS의 주요 핵심요소와 그 설계의 기술은 DSP기반고주파스위칭PWM 인버터제어, 최대출력점추종(MPPT) 제어, 계통연계보호, 단독운전방지, 직류유입방지기술, 고조파및 고주파억제, 출력전압상승억제, Web 기반모니터링기술, 병렬운전기술, 소형경량화, 고효율화, 고신뢰화, 저가화기술등이 최근 이슈로 떠 오르고 있다.

2. 태양의 추적 정도에따른 설비의 종류

2-1. 추적형 시스템 (tracking array)

태양광발전시스템의 발전효율을 극대화하기 위한 방식으로 태양의 직사광선이 항상 태양전지판의 전면에 수직으로 입사할 수 있도록 동력 또는 기기조작을 통하여 태양의 위치를 추적해 가는 방식을 말하며 그림 2에 개략적인 모습을 나타내었다.

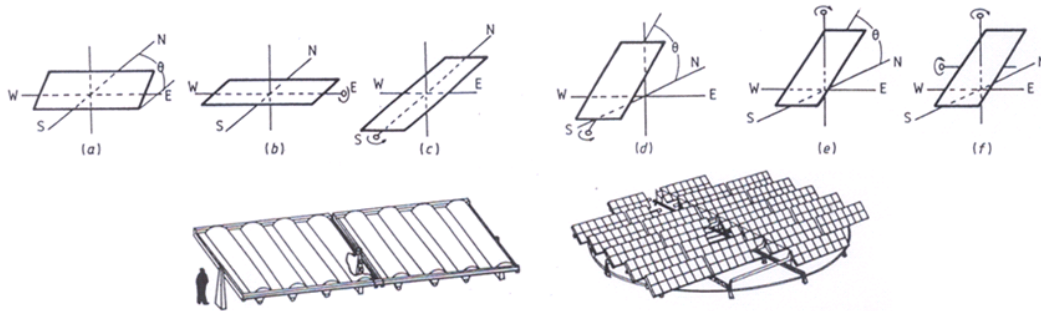


그림 2. 태양전지 발전 시스템의 설치 형태별 분류

추적형 태양전지는 추적시스템의 종류에따라 태양자오선 정보에 의한 위치정보 프로그래밍 시스템과 광센서 자동추적 시스템으로 구분되어 상업화 되고 있다. 태양자오선 정보에 의한 위치정보 프로그래밍 시스템은 시스템이 간단하고 고장요인이 없는 장점이 있는 반면 최대 태양광발전 효율 보다는 조금 낮은 효율을 보인다는 단점이 있다. 광센서 자동추적 시스템은 두개이상의 광센서를 부착한 후 두개의 광센서로 들어오는 빛의 양이 동일한 지점을 추적하는 방식으로 항상 최대에너지 효율을 보장 할 수 있다는 장점이 있는 반면 구름이 지나가면서 태양광의 굴절을 일으켜 펌핑 현상을 유발한다는 단점이 있다.

다음 그림 3과 4에 추적형 태양전지의 설치 예를 나타내었다.

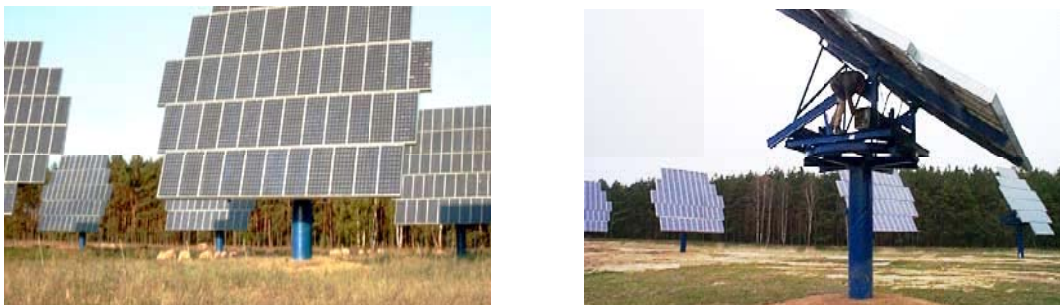


그림 3. 태양 추적형 태양광 전지의 설치 예

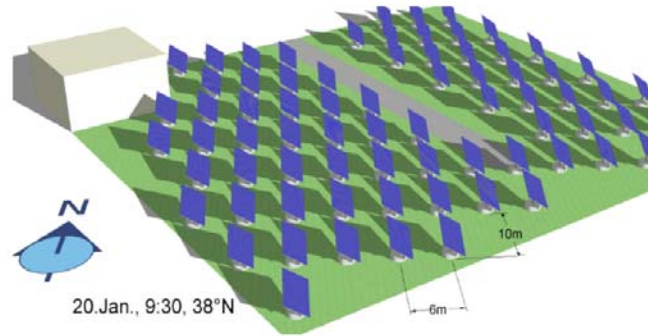


그림 4. 추적형 태양전지를 사용한 태양전기 발전소의 예

2-2. 반고정형 시스템 (semi - tracking array)

태양전지 어레이 경사각을 계절 또는 월별로 따라서 상하로 위치를 변화시켜주는 방식으로 일반적으로 사계절에 한번씩 어레이 경사각을 변화시키는 방식을 반고정형 시스템이라고 한다.

반고정형 어레이의 발전량은 고정식과 추적식의 중간 정도로써 고정식에 비교하여 보통 20% 가량의 발전량 증가를 가져온다.

2-3. 고정형 시스템 (fixed array)

가장 값싸고 안정된 구조로써 비교적 원격지역에 설치면적의 제약이 없는 곳에 많이 이용되고 있음, 특히 도서지역 등 풍속이 강한 곳에 설치하는 것이 보통이다. 추적형, 반고정형에 비하여 발전효율은 낮은 반면에 초기 설치비가 적게 들고 보수 관리에 따른 위험이 없어서 상대적으로 많이 이용되는 어레이 지지방법이다. 국내의 도서용 태양광시스템에서는 이와 같은 고정형 시스템을 표준으로 한다. 다음 그림 5에 고정형 태양광 발전의 설치 예를 나타내었다.



그림 5. 고정형 태양광 발전의 설치 예

약 10여년 전 태양광 발전 시스템은 소규모 가정용 보급사업으로 많이 활용되었으나 최근 대규모 MW급 이상의 발전 설비가 지속적으로 추진되고 있어 국내에서도 약 10여건의 MW급 발전소가 계획되고 있다. 다음 그림 6에 MW급 태양광 발전소의 한 예를 나타내었다.



그림 6. 전남 강진에 계획 중인 1.2MW급 태양광 발전소

3. 건물일체형 태양광 발전 시스템 [BIPV : Building Integrated Photovoltaic System]

건물일체형 태양광발전시스템(BIPV)은 태양에너지로부터 전기를 생산해 발생된 전력을 소비자에게 공급해 주는 역할 이외에도 건물일체형 태양광모듈(BIPV용 모듈)을 건축물 외장재로 사용함으로써, 건설비용 감소 및 건물의 가치를 높이는 디자인 요소로 사용될 수 있다. 특히, 지상의 설치 가능면적이 부족한 우리나라의 지형적 특성을 감안할 때, 매우 유용하게 활용될 수 있는 기술이다. 우리나라는 2001년 신재생에너지 공급량 2,357.6천toe 중 태양광 에너지 공급비중은 0.2%(5.9천 toe)로 매우 적은 비중을 차지하고 있고, 그 중에서도 건물에 적용된 태양광발전시스템은 2001년의 경우 연간 총 보급량(792kWp)의 약 13%에 그쳐 아직까지는 미비한 상태인 것으로 나타났다. 하지만 신재생에너지와 관련한 국제정세와 여름철 전력 수요 증가 등의 당면 과제 등으로 태양광을 비롯한 신재생에너지에 대한 관심과 투자를 증가시키고 있다.

이에 따라 제2차 국가에너지 기본계획에서는 2006년까지 3%, 2011년까지 5%의 대체에너지를 공급한다는 목표를 설정했다. 이같은 상황에 따라 태양광 분야에서도 과거에 비 전화 섬지역 등을 대상으로 독립형 지상용 태양광시스템에 관련된 사업들이 주류를 이루었던 것에 반해 최근에는 건물적용 태양광발전시스템 설치 사례들이 증가하고 있다. 태양광을 비롯한 대체에너지의 보급을 촉진시키기 위해서 에관공 주도 하에 시범보급사업 및 지역에너지 사업 등이 이뤄지고 있어, 이를 통한 태양광 보급 확산이 이뤄지고 있다.

또 신재생에너지 개발 및 이용·보급 촉진법을 근거로 하는 신재생에너지 공공 의무화 사업, 향후 공공기관이 발주하는 연면적 3천㎡ 이상의 신축 건축물에 대해서 총 건축공사비의 5% 이상을 신재생에너지 설비 설치에 투자하도록 의무화함에 따라 태양광발전시스템 특히 BIPV시스템 보급 활성화를 기대할 수 있다. 2001년에는 국내에서 최초로 BIPV 기술 개발과 관련해 ‘중대규모 건축환경에서의 태양광발전시스템 적용요소기술개발’이라는 연구과제가 시작됐다. 예기연 주관으로 3년 간에 걸쳐 총 36억원의 예산이 지원돼 진행된 사업으로, BIPV용 전자재일체형 태양전지 모듈개발, String/Unit형 Power Conditioner 개발, 최적설계 및 시공기술 개발 및 실증적용시험 등 BIPV 연구를 위한 기반 확보 및 기초연구를 수행해 국내에서는 최초로 태양전지모듈 연구 개발이 수행됐다. 또 2004년~2007년까지 예기연 주관으로 쏘라테크, 경동솔라, 진흥공업, 경남알미늄 등 4개 참여기업과 건국대 및 대전대 등 2개의 위탁기관이 공동으로 3년 간에 걸쳐 총 53억여원의 예산을 지원받아 건축환경을 고려한 BIPV용 태양전지모듈 및 제조기술 개발 연구과제를 수행함으로써, BIPV용 태양전지모듈의 설계 및 설치기술, 내구성 확보기술, 구성재료 개발 등

2007년 연구과제 종료 후에는 실증연구와 병행해 BIPV 시스템이 확대보급될 전망이다. 현재는 에관공 주도 하에 2012년까지 주택용 3kW급 태양광발전시스템 10만 호 보급을 목표로 사업을 추진 중에 있는데, 2004년에는 태양광 주택 310호, 2005년에는 907호 보급이 완료됐으며, 주택 보급사업 및 공공건물 의무화 사업 등의 프로그램을 통해 국내 BIPV 시스템 산업의 확산을 기대하고 있다.

태양광을 건축물에 응용하기 위한 BIPV 기술개발은 1990년대부터 7년 간 독일의 주관 하에 선진 13개국이 참여한 IEA SHC(Solar Heating & Cooling Program)의 Task 16의 Photovoltaics in Buildings에서 추진되어왔으며, 이를 통해 BIPV와 관련된 기반기술의 체계가 확립됐다고 볼 수 있다. 또 이 연구의 후속연구 성격으로 1997년부터 선진 16개국 49명의 전문가를 중심으로 IEA PVPS 내의 세부주제 Task 7의 PV in Built Environment를 통해 BIPV의 상업화 및 건물통합화에 대한 실용화 기술개발이 국제공동으로 추진되고 있다. 태양광을 건물에 적용하는 기술은 다른 태양광 적용 기술 분야에 비해 빠르게 성장하고 있는 분야로, 여러 태양광 선진국 중에서도 특히 일본의 경우는 수요와 공급 양면에서 괄목할만한 성장을 하고 있고 이러한 추세는 앞으로도 지속될 전망이다. 일본에서는 특히 주택용 태양광발전 시스템이 매우 활성화되고 있는데, 이는 실제 거주가능 면적이 적고 땅값이 비싼 일본의 특성상 건물의 지붕에 태양광을 적용하는 것이 경제적이기 때문이다. 대표적인 건물 적용 태양광발전 프로그램으로는 1994년부터 1996년 사이에 New Energy Foundation (NEF)에 의해 시작된 주택용 PV시스템 모니터링사업이 있다. 한편 1997년의 주택용 PV도입 기반 사업 등을 수행하면서 정부의 보조금 지원 비율이 점점 감소하고 있는 반면 설치 수는 증가하고 있고 시스템의 평균가격도 감소추세를 보이고 있어, 향후 주택 부분에서의 태양광 보급에 대한 잠재성을 예측할 수 있다. 태양광발전 분야의 초기 시장을 장악했던 미국의 경우, 독립형 시스템과 국외 설치 등에 중점을 두고 태양광발전산업을 육성시켜 왔다. 하지만 최근에는 미국에서도 자국내의 시장 확보와 계통 연계형, 특히 BIPV 분야에 대한 필요성을 인식하고 이에 대한 지원책과 예산 등을 마련해 추진 중에 있다. 대표적인 프로그램으로 1999년부터 2010년까지 총 10억 달러를 투입해 백만 시스템을 설치하는 목표를 세우고, 1백만 호 Solar Roof 보급촉진계획을 수행 중에 있다. 특히 독일은 PV 산업에서 최근 유럽이 미국을 앞지르고 일본에 이어 2위로 올라서도록 하는데 지대한 공헌을 했다. 독일은 90년대 1000만 호 Solar Roof Top 계획을 시작으로 BIPV 분야에 있어서 꾸준한 노력을 기울이고 있다. 다음 그림 6에 BIPV설치예를 그리고 그림 7에 BIPV용으로 각광받고 있는 투명 태양전지 모듈을 나타내었다.



그림 6. BIPV 설치의 예



그림 7. BIPV에서 각광받고 있는 투명 태양전지 모듈