

MW급 집중배치형 태양광 발전시스템 및 계통연계 기술개발

황정희, 안교상, 임희천
한전전력연구원

The Development of MW Class Concentrating PV system and Grid-connected technique

J. H Hwang, K S Ahn, H C Lim
KEPRI

Abstract - In this paper, The reach address is a development of MW class concentrating PV system and grid-connected technique. The objective of research presents a description of MW PV system. This MW PV system will use a domestic technology. It is necessary to develop a module, PCS, and system.

1. 서 론

태양광 발전시스템은 현재 시스템 기기의 성능 및 효율향상, 제어 및 보호 시스템 개선, 설비 신뢰성 향상은 물론 태양광 발전의 최대 활용을 위한 시스템 기술개발이 지속 추진되어 주택/빌딩용 및 발전사업용 태양광 발전시스템의 보급이 가속화 되고 있다.

전력 계통에 태양광 발전을 연계시키는 방법은 고압단에 연계하는 '고압 송전망 연계'와 주택가의 주상변압기에 연계하는 '저압 배전망 연계'로 대별되고 있으며, 중·대형급 태양광 발전시스템의 경우, 시장진입의 단계이며, 태양광 발전을 위한 태양전지의 해외 의존도가 높아 실증 운전 평가를 위한 시스템 구축에 높은 투자비가 요구되어 실용화 보급에 걸림돌이 되고 있어 이에 대한 국산화 기술개발이 절실한 형편이다. 그리고 고압 송전망 연계는 태양광발전의 계통연계 시 단독운전(Islanding 현상)을 비롯한 계통연계 보호협조 및 운영 등에 관한 경험이나 기술축적을 통한 계통의 신뢰성 확보가 요구되는 실정이다. 또한, 향후 고효율, 경제성, 환경친화적, 신뢰성 등을 고려해볼 때 기술 확보가 시급하고, 발전사업 모델로써 태양광 발전시스템의 상용화 응용기술의 저변 확대를 위해서는 MW급 집중배치형 태양광 발전시스템의 실용화 기술개발 또한 필수적이다.

2. 본 론

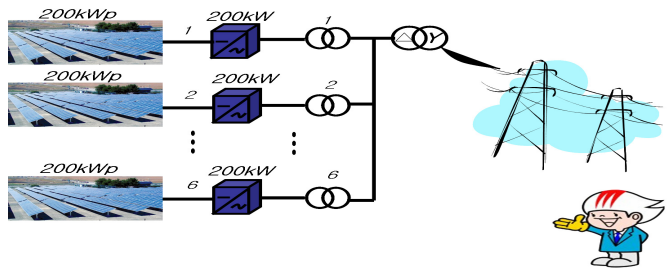
2.1 MW 시스템 설치 현황 소개

1980년대부터 미국에서는 대규모 PV시스템에 대한 실증연구가 정부, 기업, 전력회사를 중심으로 수행되어왔다. 초기에 미국에 설치된 대용량의 PV시스템은 평판형의 단결정 실리콘 태양전지를 채택하였고, 예외적으로 SMUD PV2의 경우 다결정모듈을, APS의 Sky harbor의 경우 Fresnel 렌즈를 이용한 집광형 방식을 채택하였다. 이들 PV 시스템의 설치에 기존 상용전원과는 경제성에서 비교대상이 될 수는 없었지만, 태양광발전을 대규모 전원으로 도입하는데 있어 PV 시스템의 특성에 관한 중요한 정보를 제공하였다. 각 발전소의 태양광 발전설비 현황으로서, 한국동서발전(주) 동해화력에 1MW, 한국남동발전(주) 영흥화력에 1MW가 현재 구축되어 운전되고 있으며, 한국서부발전(주)는 태안화력 본부에 120kW급 태양광 발전설비가 운전되고 있다. 또한, 각 발전사들의 태양광 발전시스템 사업의 적극적인 참여로 현재, 한국서부발전(주) - 삼랑진 3MW, 한국수력원자력(주) - 영광원자력 3MW, 한국중부발전(주) - 서천화력 3MW급 규모의 태양광발전 설비를 추진 중이다. 또한, 경북 칠곡군에는 태양광 발전의 초기 순수 민간 발전소가 설치되어 운영되고 있다. 규모는 한전이 직거래 가능한 200kW이며 순수 PPA 사업자에 의한 국내의 특고압 연계 적용하여 전력시장에 진입하여 태양광 발전의 개척사에 기록된 시스템이다.

2.2 발전 Site 선정

MW급 집중배치형 태양광발전 기술개발은 전력사의 유휴 부지를 활용한 대규모 태양광발전의 보급과 발전사업의 새로운 모델 창출을 위한 것으로서, 한국수력원자력(주) 및 발전 5사가 공동으로 참여하는 사업으로서 각 발전사의 부지 활용의 극대화를 위한 Site 별 태양광 발전의 자원량 조사를 실시하며, 실증 적용을 위한 최종 설치 부지 선정에 계획하고 있다. 이를 위하여 각 Site의 유휴 부지의 면적, 방향, 지형적, 위치 등을 현장 조사하며, 특 고압 배전선로의 현황 등을 검토하여 기본(안)을 도출하게 된다. 그림1은 1.2MW급 집중배치형 태양광발전의 배전선

로 도입 계통도를 나타내었다.



〈그림 1〉 1.2MW급 집중배치형 태양광발전 계통도

2.3 1.2MW급 집중배치형 태양광발전 기본 설계(안)

1.2MW급 집중배치형 태양광 발전시스템의 설계/제작 및 건설시공을 위하여 국내에서 시판중인 단위 모듈 210Wp 모듈을 적용하여 설치 면적 및 기타 요소에 대한 기본 자료로 활용하였다.

〈표 1〉 어레이 기본구성

구분	규격	비고
모듈 용량	210 Wp	3결정 실리콘 태양전지 1,217 kWp
단위용량	202.86 kWp	6단위 설비 kWp 총 5,796 모듈
직렬 수량	23 직렬	759Voc(V)/621Vm(V)
병렬 수량	42 병렬	351.12 Isc(A)/323.82 Im(A)

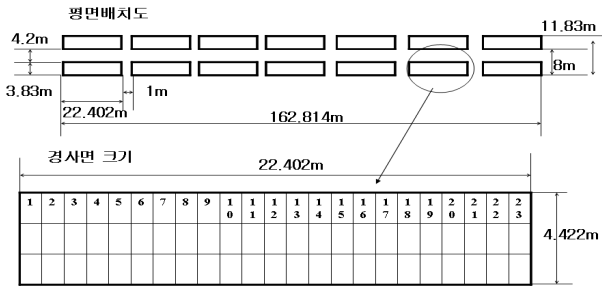
200kW급 Array의 기본 구성은 23개의 모듈을 직렬로 하여 42병렬로 기본(안)으로 하여 설계하였다. 210Wp 단위모듈, 개방전압 33V, 운전전압 27V, 개방전류 8.36A, 운전전류7.71. Max. sys. Voltage DC 1,000V의 상용 모듈을 사용하였다. 이러한 단위 Array를 6개로 구성하여 총 용량 1.2MW급을 구성하였으며, 기본 배치도를 작성하였다.

제어실은 철근 콘크리트 단층 슬라브 지붕으로 하여, 옥상은 전망대로 활용할 수 있도록 배치하였으며, 태양전지 모듈 설치 경사각은 30°로 하여 국내의 평균 설치 각도를 적용하였다. 태양광 발전용 PCS는 200kVA급 단일용량으로 총 6대를 사용하도록 하였으며 송·수전 변전설비는 전기설비의 안전을 고려한 1,500kVA 변전설비를 사용하도록 하였다. 태양광 발전의 출력은 태양전지 모듈 설치용량 이상의 전력을 생산할 수 없는 것을 고려하면 태양전지 모듈 용량과 동일한 변전 설비를 설치하여도 무방하리라 여겨지며 최종 건설 시공을 위해서는 검토를 필요로 할 것으로 사료 된다.

2.4 지역별 태양광발전 전력량 예측

〈표 2〉 Solar Pro 주요사항

■ 위도,경도 등의 데이터를 바탕으로 한 위치선정
■ 사용하기 쉬운 3D CAD 기능
■ 3D 그래픽에 의한 그림자의 영향 해석
■ 해당 모듈의 I-V 특성곡선을 바탕으로 계산
■ 시각적 효과를 극대화
■ 경제성관련 그래프 및 데이터 작성 기능지원(우리나라 누진세 적용 안됨)



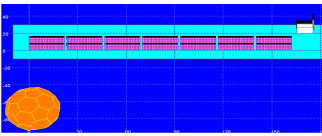
〈그림 2〉 200kW 태양전지 Array 개념도(안)

태양광 발전에 관한 대부분의 요소(온도, 일사량, 그림자, 위치등)를 포함한 태양광발전 시뮬레이션 소프트웨어인 Solar pro 시뮬레이터를 사용하여 국내 지역별 태양광발전 전력량을 예측 분석하였다. 200kW급 단위 Array를 지역별로 분석하였으며 설치 가능 지역을 선정하여 1.2MW급 집중배치한 태양광 발전시스템을 설치하였을 때 전력량을 분석 예측하였다.

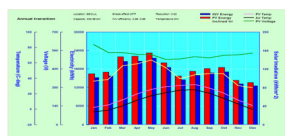
태양전지 어레이가 2열 이상 설치되는 경우에는 전열의 어레이가 후열의 어레이에 그림자의 영향을 주지 않도록 설치하여야 한다. 일반적으로 태양전지 어레이 최소 간격을 구하는 계산식은 다음과 같다.

$$X1 = L(\cos(\text{tile}) + \sin(\text{tile}) * \tan(\text{lat} + 23.5^\circ)) \quad (\text{식1})$$

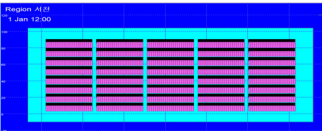
여기서, X1 : 어레이 최소 이격거리 L : 어레이 길이
 tilt : 어레이 경사각 lat : 설치지역의 위도



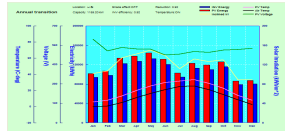
〈그림 3〉 Solar Pro 3D CAD
200kW



〈그림 4〉 PCS power
200kW



〈그림 5〉 Solar Pro 3D CAD
1.2MW



〈그림 6〉 PCS power
1.2MW

〈표 3〉 200kW Annul Report

	Direct Irradiation	Total Irradiation	Horizontal Irradiation	Diffuse Irradiation	Borrowed Irradiation	PV Energ	INV Energ
월	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh
1	75.29	102	69.79	25.59	1.13	17,860	16,532
2	73.73	107.34	83.16	32.28	1.32	18,731	17,415
3	84.46	134.54	117.85	48.23	1.85	23,361	21,836
4	79.83	141.82	138.54	59.85	2.14	24,167	22,579
5	78.42	150.05	156.83	69.23	2.41	25,253	23,505
6	69.83	138.96	149.68	66.85	2.29	22,951	21,240
7	56.99	111.79	119.16	52.98	1.82	18,059	16,638
8	71.31	131.9	133.69	58.53	2.06	21,527	19,938
9	75.33	126.49	117.18	49.34	1.82	20,967	19,440
11	85.8	130.15	107.02	42.66	1.69	22,026	20,546
11	64.07	89.15	63.95	24.05	1.03	15,131	13,999
12	66.41	88.66	58.58	21.3	0.95	15,301	14,168
최대치	85.8	150.05	156.83	69.23	2.41	25,253	23,505
Time	Oct	May	May	May	May	May	May
Sum Value	881.47	1452.85	1315.43	550.88	20.5	245,335	227,836

〈표 4〉 1.2MW Annul Report

	Direct Irradiation	Total Irradiation	Horizontal Irradiation	Diffuse Irradiation	Borrowed Irradiation	PV Energy	INV Energy
월	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh
1	75.29	102	69.79	25.59	1.13	102,058	93,893
2	73.73	107.34	83.16	32.28	1.32	107,034	98,471
3	84.46	134.54	117.85	48.23	1.85	133,492	122,813
4	79.83	141.82	138.54	59.85	2.14	138,097	127,049
5	78.42	150.05	156.83	69.23	2.41	144,303	132,759
6	69.83	138.96	149.68	66.85	2.29	131,148	120,656
7	56.99	111.79	119.16	52.98	1.82	103,196	94,940
8	71.31	131.9	133.69	58.53	2.06	123,012	113,171
9	75.33	126.49	117.18	49.34	1.82	119,814	110,229
10	85.8	130.15	107.02	42.66	1.69	125,866	115,797
11	64.07	89.15	63.95	24.05	1.03	86,461	79,544
12	66.41	88.66	58.58	21.3	0.95	87,435	80,440
최대치	85.8	150.05	156.83	69.23	2.41	144,303	132,759
Time	Oct	May	May	May	May	May	May
Sum Value	881.47	1452.85	1315.43	550.88	20.5	1,401,916	1,289,763

3. MW급 태양광 발전시스템 기술개발 시 예상되는 효과

기술적인 측면으로서, MW급 태양광발전 설비 운영기술을 확보하여 집중형 발전시스템의 확대 보급을 위한 도입지침 및 운영지침 정립이 가능하다. 이에 특 고압 계통연계를 위한 시스템의 성능개선, 시스템 보급 및 지침 보완으로 발전사업을 위한 전력사업 비즈니스 모델을 제시하여 전력회사 주도의 적극적인 설비 도입 추진을 위한 기본 자료로 활용될 수 있다. 또한, 3결정 태양전지 모듈을 적용한 집중배치형 MW급 태양광 발전시스템의 모듈의 최적화 모델을 제시함으로써 시스템 용량의 증감에 유연하게 대처할 수 있어 태양광 발전시스템의 운용 효율의 극대화를 기대할 수 있다.

산업·경제적·정책적 측면으로서, 청정에너지 발전기술인 태양광발전의 경우, CO₂ 저감효과가 기대되어 기후변화 협약의 대안방안으로 활용될 수 있다. 집중배치형 태양광 발전시스템을 기존의 배전계통에 보급해 나아갈 수 있는 기술의 개발은 21세기 정보화 사회의 국민에게 고품질의 전력을 보장한다는 차원에 상당히 중요한 의미를 갖는다.

본 연구를 통해 새로운 전력산업을 위한 발전사업 수행 시 태양광 발전을 사업용 모델로 적용하기 위한 실용화 보급 기술 자료로 사용될 것이며, 신·재생에너지 전원의 전원계획 수립 시 태양광발전 전원의 MW급 집중배치형 시스템 도입을 위한 기술 자료로 활용될 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 MW급 집중배치형 태양광 발전시스템의 실용화 기술 개발로서 태양광발전의 설치 가능 지역을 조사 분석하여 부지 활용의 극대화를 도모하고자 한다. 설치 예상발전소 입지조사를 하고, 손실저감을 위한 집중형 3결정 PV 시스템 Array 예비설계, 추적식 Array 구성 및 회로설계 검토, 시스템 구성기별 설계 파라미터 정립 및 특성 조사, 특 고압 배전계통 집중배치형 PV 시스템 연계 모델 조사 분석 및 집중배치형 시스템 실증설비 기본 설계를 하였으며, 이를 기초 기반 자료로 하여 실시 설계를 수행하여 실증실험을 위한 건설시공 및 신·재생 에너지 전원의 전원계획 수립 시 태양광발전 전원의 MW급 집중배치형 시스템 도입을 위한 기술 자료로 활용할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 국가전략과제 핵심기술 기획 보고서 2004년 4월 30일
- [2] MW급 집중배치형 태양광 발전시스템 및 계통연계 기술개발 1차년도 중간 보고서
- [3] MW급 집중배치형 태양광 발전시스템 및 계통연계 기술개발 2차년도 중간 보고서
- [4] Solar Pro 태양광 발전 시스템 시뮬레이션 교육 교재