

2009년 2월

교육학석사(기술·가정교육)학위논문

# 아치형 PV 어레이의 성능분석에 관한 연구

조선대학교 교육대학원

기술·가정교육전공

김 태 익

# 아치형 PV 어레이의 성능분석에 관한 연구

A Study on the Performance Analysis  
of PV Array for Arch Type

2009年 2月 日

조선대학교 교육대학원

기술·가정 교육전공

김 태 익

# 아치형 PV 어레이의 성능분석에 관한 연구

지도교수 조 금 배

이 논문을 교육학석사(기술 · 가정교육)학위  
청구논문으로 제출함.

2008年 10月 日

조선대학교 교육대학원

기술 · 가정교육전공

김 태 익

김태익의 교육학 석사학위 논문을  
인준함.

심사위원장    조선대학교 교수    \_\_\_\_\_인

심사위원      조선대학교 교수    \_\_\_\_\_인

심사위원      조선대학교 교수    \_\_\_\_\_인

2008年 12月 日

**조선대학교 교육대학원**

# 목 차

## ABSTRACT

I. 서 론 .....	1
II. 이론적 고찰 .....	3
A. PV 시스템의 기본구성 .....	3
1. 태양전지 .....	5
2. PCS .....	13
B. 건축적 적용 .....	16
C. 성능특성 평가분석 .....	18
1. PV 시스템의 손실 .....	18
2. 계측항목 .....	19
3. 평가방법 .....	20
III. 시뮬레이션 .....	23
A. 시스템 구성 .....	23
B. 경사각에 따른 PV어레이 출력특성 .....	25
C. 아치형 PV어레이의 출력특성 .....	28
IV. 결 론 .....	38

## 참 고 문 헌

## *Tables*

Table 1 PV power conditioning system application .....	14
Table 2 PV system basic information & instrumentation itemize	20
Table 3 Parameters of PV module .....	23
Table 4 PV systems output data for tilt angle .....	25
Table 5 PV systems output data for arch type .....	28

## *Figures*

Fig. 1 Basic configurations PV system .....	4
Fig. 2 Generation principle of solar cell .....	5
Fig. 3 The equivalent circuit of solar cell .....	6
Fig. 4 The voltage and current characteristics of solar cell .....	7
Fig. 5 Effect of series resistance in the I-V characteristics .....	10
Fig. 6 Effect of shunt resistance in the I-V characteristics .....	10
Fig. 7 I-V characteristics at different irradiation .....	12
Fig. 8 I-V characteristics at different temperature .....	12
Fig 9. PV system inverter relativity .....	15
Fig 10. PV system inverter output .....	15
Fig. 11 PV system application .....	17
Fig. 12 PV module .....	24
Fig. 13 PV array configuration .....	24
Fig. 14 PV array output distinctive for tilt angle .....	27
Fig. 15 PR, Lc, Ls distinctive for tilt angle .....	27
Fig. 16 PV array output by months .....	30
Fig. 17 PV array output distinctive for arch type .....	37
Fig. 18 PR, Lc, Ls distinctive for arch type .....	37

# ABSTRACT

## A Study on the Performance Analysis of PV Array for Arch Type

Tae-Ick Kim

Advisor : Prof. Geum-Bae Cho, Ph.D.

Major in Technology and Home-Economics Education,  
Graduate School of Education, Chosun University

Photovoltaic system is using the clean and infinite energy source, there is no air pollution, noise and vibration. PV system operate without fuel convoy, rotation surface, high temperature and high pressure, So it is easy to maintenance, long life cycle, simple installation. Respectively international and domestic PV market growth over 30% every year.

The photovoltaic system is easier to operate and maintain than the other power generating system since it generally contains no moving parts, operate silently and require very little maintenance.

The arch PV systems emboss the aesthetic properties of round shape of the PV arrays. It doesn't fix the angle of inclination and gives a variety and made in round shape. But, there hadn't any efficient analysis like operation properties of the arch PV systems.

Consequently, In this study, We did various simulations to



develop the arch PV systems and compare the operation properties with the PV systems which have fixed optimal angles of inclination to suggest the optimal arch styles exactly the range of the angles of inclination.

# I. 서 론

태양광발전(PV : Photovoltaic) 시스템은 상용전력에 비하여 발전단가가 높고 일사량에 따른 발전량 편차가 심하나 무한정, 무공해의 태양에너지를 이용하므로 연료비가 불필요하고 대기오염이나 폐기물 발생이 없으며, 반도체 소자로 전기를 생산하므로 진동과 소음이 없고 수명이 길며, 전반적인 시스템을 자동화시키기에 용이하다. 또한, 지형에 맞게 설계할 수 있으므로 송전시설이 필요하지 않아 송·배전 손실을 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다.

최근 몇년사이에 태양광발전산업의 시장은 태양전지의 저가화가 진행되면서 매년 30%이상의 증가율을 보이며 세계시장이 확대되어지고 있는 실정이다.

현대의 건축설계에 있어서 PV 시스템을 건물에 적용할 때는 기후 요인과 방향, 그리고 대지의 특성과 관련된 환경적 요소, 도시계획, 건축법, 미적인 관점, 그리고 구조 및 엔지니어링 측면의 고려가 필요하다. PV 시스템의 건축 적용 방법은 최적의 방향과 경사도를 가지고 최대의 전력을 생산해 내는 PV 시스템 고유의 목적을 충분히 유지하면서도 기술적, 미적인 특성이 함께 고려되어야 한다.

따라서 PV 시스템의 어레이는 최대의 전력을 생산하기 위하여 최적의 경사각인 30°의 일정 경사각으로 설계 및 설치되거나 PV 시스템의 설치가 건물에 주는 시각적 효과 및 건물외피 절약을 위하여 건물일체형으로, PV 모듈을 건물의 차양장치로 사용하는 차양장치형으로 설계 설치된다. 또한 미적인 특성을 고려하여 아치형으로도 많이 설계 및 설치한다.

건물일체형 태양광발전(BIPV : Building Integrated Photovoltaics) 시스템은 태양광발전요소를 실제적인 건물의 한 구성요소로 이용하고, 기존의 건물재료를 대체하여 재료비용 및 건설비용의 절감효과를 가져다주

며 건물의 미적인 가치를 높여주는 장점을 가지고 있다. BIPV에 대한 연구가 유럽 및 미국, 일본 등의 나라에서 오래전부터 활발히 수행되고 있으며, 시장성 또한 무한 확대되고 있다.<sup>[1],[2]</sup>

차양형 PV 시스템은 반투명한 특정한 PV 전지를 모듈에 적용하여 PV 패널이 반투명이 되게 만든다. 반투명 PV 모듈은 실제로 전기를 생산하는 PV 면적이 줄게 됨으로 이 형태의 PV 전지는 일반적인 PV 전지보다 효율이 떨어진다.

아치형 PV 시스템은 PV 어레이를 라운드 형태로 즉 PV 모듈의 경사각을 일정하지 않게 변화를 주어서 라운드형태로 설계하여 미적인 특성을 부각시킨 시스템이다. 그러나 이러한 아치형 PV 시스템 운전특성에 대한 효율적인 분석은 되어 있지 않다.

따라서 본 논문에서는 다양한 아치형 PV 시스템을 시뮬레이션을 통하여 구성하고 그 운전특성을 최적의 경사각을 가지는 일정 경사각 PV 시스템과 비교 분석함으로써 최적의 아치형태 즉 경사각 범위를 제시하고자 한다.

## II. 이론적 고찰

### A. PV 시스템의 기본구성

태양은 중심부에서 생기는 수소의 핵융합 반응에 의해 방대한 에너지를 우주 공간에 방사하고 있다. 태양에서 약 1억 5,000만 [km] 떨어진 지구까지 미치는 에너지는 지표에서 80 [km]인 지구대기 상단에서  $1\text{m}^2$ 당 1,353 [kW] 이다. 대기를 통과하는 과정에서 기체나 미립자에 의한 흡수나 산란을 받아 지표에 도달하는 것은 70% 정도이다. 태양에너지의 강도는 장소나 시간에 따라 대기나 미립자의 영향으로 다르지만 청명한 날을 기준으로 하면 약  $1[\text{m}^2]$ 당 1 [kW] 이다.

지구의 반경이 6,370 [km] 이므로 지상에 도달하는 태양에너지는 약 127조 [kW]로 1시간에 127조 [kWh]라고 하는 방대한 양이 된다. 이것은 전 세계의 1년간 총 소비에너지 양 보다도 많다.

PV 시스템은 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환하여 이용하는 것으로 태양전지와 직류전력을 교류전력으로 변환하는 인버터로 구성된다. 태양에너지의 밀도와 PV 시스템의 변환효율이 낮아 대규모의 설치 시에는 설치면적이 많이 필요하고, 발전단가가 다소 높다. PV 기술의 실용화 및 상용화를 위해서는 기존 발전방식과 경쟁할 수 있는 가격수준의 저가, 고효율 기술개발 및 대량보급이 선행되어야 한다.

지구의 환경을 보전할 수 있는 대처방안으로 인식이 변화되었기 때문에 PV 시스템은 석유를 대체할 수 있는 미래에너지일 뿐만 아니다. 특히 IMF사태 이후의 경제적 위기와 기후변화협약 추진에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량 규제 및 석유가의 폭등에도 불구하고, 97% 이상의 에너지를 해외에서 수입하는 국내실정을 감안하면 PV의 실용화 기술개발 및 이용보급 확대는 가장 시급한 해결과제이다.<sup>[3]</sup>

반도체의 p-n 접합의 광전효과를 이용해서 약 0.5 [V]의 저압직류특성을 가진 발전 소자를 태양전지(Solar Cell)라고 한다. 이러한 태양전지를 실용적인 전압 전류로 출력하기 위해 다수의 태양전지를 전기적으로 직렬로 구성하여 유리, 투명수지 및 프레임 등에 의해 패키징하여 내구성 및 내후성을 가진 출력을 인출하기 위한 외부단자를 수비한 발전장치를 태양전지 모듈(PV Module)이라고 한다.

복수의 PV 모듈을 태양에너지가 잘 입사할 수 있도록 경사각, 방위각 등의 설치조건을 고려하여 가대 및 지지대를 이용하여 전기적인 직·병렬로 설계 연결 한 것을 태양전지 어레이(PV Array)라고 한다.

PV 어레이의 발전전력은 직류출력이며 교류부하로 사용할 경우 직류전력을 교류전력으로 변환하는 PCS(Power Conditioning System)가 필요하다. PV 시스템의 발전성능은 환경조건 및 설치방식 등에 의해서 결정되므로 효율적이고 안정적인 에너지원으로 사용하기 위해서는 전기를 충전하여 사용할 수 있는 축전 장치가 필요하다. 사용계통에 연결하여 사용할 경우 계통연계 및 보호 장치가 필요하지만 일반적으로 PCS에 내장되어 있다. 그림 1은 PV 시스템의 기본적인 구성을 보여준다.<sup>[4],[5]</sup>

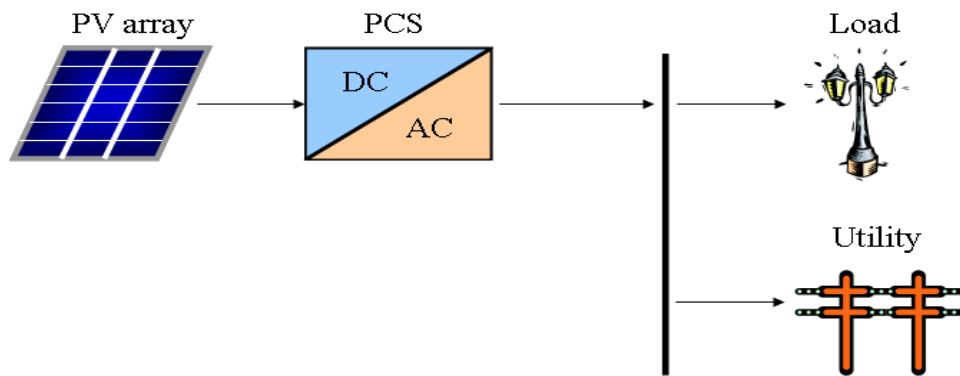


Fig. 1 Basic configurations PV system

## 1. 태양전지

태양전지는 전기적 성질이 다른 n형의 반도체와 p형의 반도체를 접합시킨 구조인 p-n 접합으로 구성된다. 실리콘 등의 반도체 물질에 다른 원자를 조금만 첨가하면 본래의 성질이 변하며 첨가하는 불순물의 종류에 따라 n형 반도체와 p형 반도체로 분류된다. 그림 2는 실리콘 태양전지의 발전원리를 나타낸다. 표면부터 전극, 반사방지막, n형 반도체, p형 반도체, 전극 순으로 구성된다. p-n 접합을 하면 우선 부전하의 전자는 p측의 양전하 정공 쪽으로 이동하고 정공은 n측으로 이동한다. 전자가 모인 곳에는 음전계가 생기고 반대 측에는 양전계가 생긴다. 이것에 의해 생긴 접합부의 양단의 전위차에 의해 그 이상의 전류의 흐름을 제한한다. 이러한 평형상태는 태양광이 반도체 접합부에 입사되면 깨진다. 태양광이 입사하면 반도체 내부에 새로운 전자와 정공이 발생하여 접합부 전계에 끌려 전자는 n측으로, 정공은 p측으로 새로운 흐름이 생기며 접합부 양단의 전위차가 작아진다. 즉 반도체소자가 태양광을 흡수하면 전기가 발생되는 원리인 광기전력효과(Photovoltaic Effect)를 이용한 것으로 반도체 소자의 접합면에 태양광이 입사되면 접합면에서 전자가 발생하여 전류가 흐르는 반도체의 특성을 이용한 것이다.<sup>[6],[7]</sup>

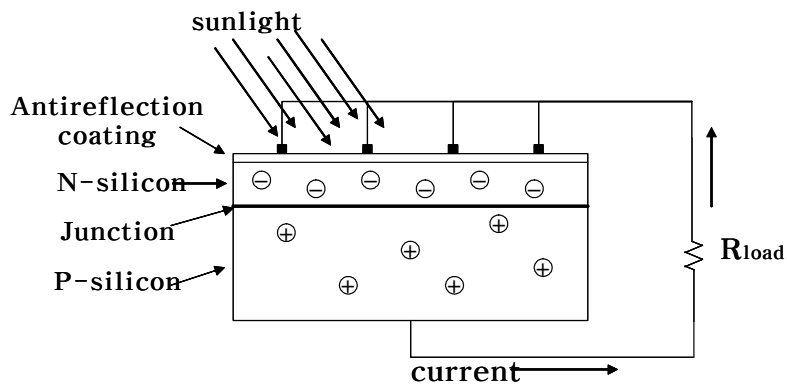


Fig. 2 Generation principle of solar cell

그림 3은 광 입사시 광기전력 효과에 의한 태양전지의 등가회로 모델을 보여주고 있다. 태양전지의 출력전류  $I$ 와 다이오드 전압  $V_d$ 는 식 (1)과 식 (2)와 같이 나타낸다.

$$I = I_{ph} - I_D - \frac{(V + I_L R_s)}{R_{sh}} = I_{ph} - I_o \left[ \exp\left(\frac{V}{R}\right) - 1 \right] - \frac{(V + I_L R_s)}{R_{sh}} \quad (1)$$

$$V_d = V + I R_s = [A \ln\left(\left(I_L - \frac{I}{I_o}\right) - 1\right)] + I R_s \quad (2)$$

여기서  $I_{ph}$ 은 광전류,  $I_o$ 는 역포화전류 혹은 암전류,  $V_d$ 는 다이오드전압,  $A$ 는 다이오드 혹은 곡선보정계수,  $R_s$ 는 직렬저항 그리고  $R_{sh}$ 는 병렬저항이다. 식 (1)로부터 태양전지의 출력전류  $I$ 는 식 (3)과 같이 나타낸다.

$$I = I_{ph} - I_D - I_{sh} = I_{ph} - I_o \exp\left[\frac{(V + I_L R_s)}{A}\right] - 1 - \frac{V + I_L R_s}{R_{sh}} \quad (3)$$

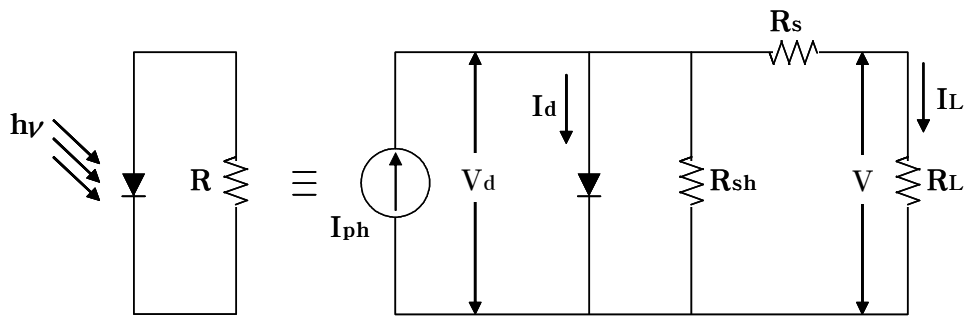


Fig. 3 The equivalent circuit of solar cell

태양전지의 출력전류  $I$ 는 온도 및 일사강도에 따른 5개의 파라미터에 의해서 계산된다. 일반적으로 실리콘 태양전지의 경우  $R_{sh} \gg R_s$ 이므로 병

렬저항  $R_{sh}$ 는 무한대로 가정할 수 있다. 이러한 조건에서 식 (3)을 다시 표현하면 식 (4)로 나타낼 수 있다.

$$I = I_L - I_o \left[ \exp\left(\frac{V + IR_s}{A}\right) - 1 \right] \quad (4)$$

그림 4는 일반적인 태양전지 출력전압과 출력전류와의 관계인 I-V 특성곡선을 보여준다.

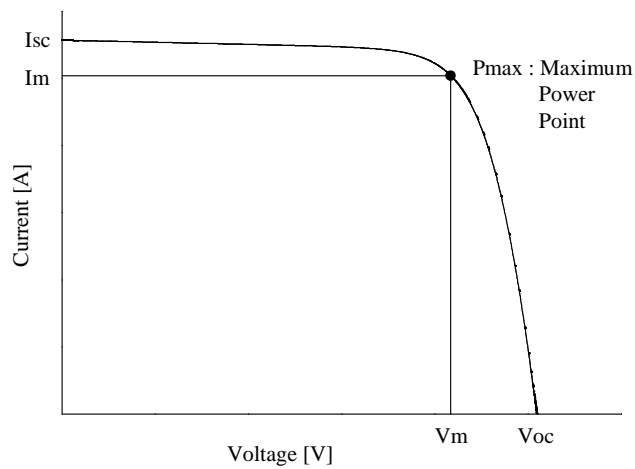


Fig. 4 The voltage and current characteristics of solar cell

태양전지에 연결된 부하의 크기를 제어하여 태양전지 최대출력 동작점 (MPP : Maximum Power Point)에서의 최대출력전력  $P_{mpp}$ 는 식 (5)로 정의한다.

$$P_{mpp} = I_{mpp} \cdot V_{mpp} \quad (5)$$

여기서  $I_{mpp}$ 는 MPP에서의 출력전류,  $V_{mpp}$ 는 MPP에서의 출력전압이다.



부하에서 소비되는 출력전력은  $P_{out}$ 은 식 (6)으로 나타낸다.

$$P_{out} = V \cdot I = V \cdot I_o \left[ \exp\left(\frac{V + IR_s}{A}\right) - 1 \right] \quad (6)$$

MPP에서는  $dP_{out}/dV=0$ 이므로, 최대출력 동작점의 출력전류  $I_{mpp}$ 는 식 (7), 출력전압  $V_{mpp}$ 은 식 (8)로 나타낼 수 있다.

$$I_{mpp} = \frac{(I_L + I_o) \cdot (V_{mpp}/A)}{1 + (V_{mpp}/A)} \quad (7)$$

$$V_{mpp} = \exp\left(\frac{V_{mpp}}{A}\right) \left(1 + \frac{V_m}{A}\right) = \left(\frac{I_L}{I_o} + 1\right) \quad (8)$$

개방전압  $V_{oc}$ 와 단락전류  $I_{sc}$ 의 곱에 대한 최대출력의 비율인 곡선인자 (FF : Fill Factor)는 식 (9)로 정의한다.

$$FF = \frac{(V_{mpp} \cdot I_{mpp})}{(V_{oc} \cdot I_{oc})} \quad (9)$$

FF는 태양전지 출력전압과 전류특성 곡선의 성능을 나타내는 것으로 내부 직·병렬저항과 다이오드에 따라서 곡선인자는 변한다.

지금까지 태양전지 특성을 고찰한 결과 태양전지의 전기적 특성을 결정하는 요소는 내부적인 변수로서 내부직렬저항  $R_s$ , 내부병렬저항  $R_{sh}$  그리고 다이오드포화전류  $I_o$  이고, 외부적인 변수로서는 일사량과 온도의 변화 등이 있다. 여기서 내부 직렬저항은 태양전지에 광전류가 흐를 때 전류의 흐름을 방해하는 저항값으로서 n층의 표면저항, p층의 기판저항, 전

극 접촉저항 및 전극자체의 고유저항 등이 포함되고 최대의 효율을 얻기 위해서는 직렬저항 값이 최소로 되어야 한다. 특히 집광형 태양전지에서와 같이 일사강도가 크고 고온인 경우 직렬저항의 영향은 매우 크다.

태양전지의 직렬저항값을 낮추기 위해 도핑 농도가 크고 접합깊이가 깊어야 하나, 이렇게 하면 전류가 작아지므로 이에 대한 최적화가 필요하며, 일반적인 태양전지의 경우에는 접합 깊이를  $0.3\sim 0.5 [\mu\text{m}]$ , 표면저항은  $50\pm 10 [\Omega]$  정도로 하고 있다. 그리고 태양전지의 전극면적을  $5\sim 10 \%$ 로 유지시키면서, Grid Finger 폭을 줄이고 Finger 사이의 거리를 좁혀 Finger의 수를 증가시키면 직렬저항을 줄일 수 있다. 일반적인 태양전지의 경우에는  $1 [\text{cm}^2]$  면적당  $1 [\Omega]$  이하의 직렬저항을 가지면 높은 충전율을 얻을 수 있다.

그림 5는 태양전지의 직렬저항이 태양전지의 특성에 미치는 영향을 나타내며  $V_{oc}$ 에는 거의 변화가 없으나 충전율이 급격히 감소하는 것을 알 수 있고 직렬저항에 의한 전압강하가 순방향 바이어스 상태로 되어 암전류를 증가시키므로 단락전류가 감소하는 것을 알 수 있다.

또한, 병렬저항 즉 누설저항은 태양전지 내부의 누설에 의한 것으로, p-n 접합면의 재결합전류, 태양전지의 가장자리에서 발생하는 표면 누설전류, 그리고 태양전지의 표면에 손상이 있어서 전극을 부착시킬 때 금속이 접합에 침투하여 접합을 Shunting 시키는 경우 등으로 나누어 생각할 수 있다. 효율이 높은 태양전지의 경우에는 누설저항이 크며, 보통  $10^4 [\Omega]$  이상이어야 하고, 누설저항을 크게 하기 위해서는 제조 공정 중 태양전지의 표면을 조심스럽게 다루어 손상이 없도록 하여야 한다. 실제 사용되는 태양전지의 경우 누설저항은 매우 크며, 누설저항이 태양전지의 특성에 미치는 영향은 그림 6과 같다. 이 경우 태양전지의 단락전류는 변하지 않으나 누설저항이 감소함에 따라 충전율 및 개방전압이 감소함을 알 수 있다.

Fig. 5 Effect of series resistance in the I-V characteristics

Fig. 6 Effect of shunt resistance in the I-V characteristics

그림 7은 태양전지를 표준시험조건(STC: Standard Test Conditions)에서 측정된 일사강도에 따른 출력전류와 출력전압의 특성인 I-V 특성곡선을 보여 준다.

STC는 태양전지의 표면온도 25 [°C], 대기질량(AM, Air mass) 1.5이고 일사강도가 1 [kW/m<sup>2</sup>] 조건을 의미한다. 대기질량(AM)은 태양의 일사강도 직달성분이 지표면에 입사할 때 까지 통과하는 대기의 양을 말한다. 다시 말하면 태양고도 90°에서의 일사강도는 AM=1로 할 경우 AM=1.5는 빛의 통과거리가 1.5배가 되는 태양고도 42°에 상당한다. AM이 크게 되면 일출이나 일몰과 같은 짧은 파장의 빛이 대기에 흡수되는 적외선 영역이 많게 되고 AM이 작게 되면 자외선 영역이 많다.

그림 7에서 보면 표면온도가 같고 일사강도가 변화하는 경우 단락전류  $I_{sc}$ 은 일사강도에 비례하여 증가한다. 따라서 최대출력  $P_{mpp}$ 도 거의 일사강도에 비례하여 증가한다. 실제 태양전지의 I-V특성은 부분적 기능, 부하조건, 일사강도 및 온도 등에 의해서 변화되므로 태양전지의 동작점이 MPP에서 벗어날 수 있다.

그림 8은 태양전지를 동일한 일사강도에서 표면온도 변화시 태양전지의 출력전류와 출력전압의 특성인 I-V 특성곡선을 보여준다. 태양전지는 온도가 높게 되면 출력이 작아지는 부의 온도특성을 가진다. 실제 일사강도를 받는 태양전지의 표면온도는 청명한 날의 외기온도와 비교하면 20~40 [°C] 정도 높기 때문에 STC에서의 출력도 변화되어 같은 크기의 일사강도라도 하절기보다 동절기에 온도가 낮기 때문에 출력이 증가한다. 표면온도가 증가하는 경우 태양전지의 개방전압  $V_{oc}$ 과 최대출력  $P_{mpp}$ 은 온도에 반비례하여 떨어진다.



Fig. 7 I-V characteristics at different irradiation



Fig. 8 I-V characteristics at different temperature

## 2. PCS

PCS는 태양전지에서 출력된 직류전력을 교류전력으로 변환하고, 발전 사업자들의 경우 전력계통에 역송전하는 장치이며, 건축물 등에 적용하는 계통연계형의 경우에는 교류계통에 접속되는 부하설비에 전력을 공급하는 장치를 말한다.

또한 PCS는 태양전지의 발전 전력을 최대한 효율을 높게 교류로 변환하여 제어를 함과 동시에 일반 배전계통과 연계운전을 하기 때문에 전력 품질 확보에 관련된 계통 연계기술기준 및 전기설비기술기준의 판단기준에 맞도록 그 기능을 확보하여야 한다.

PCS의 회로방식에는 여러 가지가 있겠지만 표 1과 같이 크게 3가지 방식으로 분류된다.<sup>[8]</sup>

상용주파 변압기 절연방식은 변환방식을 PWM 인버터를 이용해서 상용주파수의 교류로 만드는 것이 특징이다. 즉 상용주파수의 변압기를 이용해 절연과 전압변환을 하기 때문에 내부 신뢰성이나 노이즈컷에 우수하지만 상용주파 변압기를 별도로 이용하기 때문에 중량이 무겁고 인버터 사이즈가 커지며 변압기에 의한 효율이 떨어진다는 단점이 있다.

고주파 변압기 절연방식은 소형, 경량이지만 회로가 복잡하고 가격이 고가이기 때문에 국내에서는 아직 태양광발전시스템에 적용한 사례를 찾아보기 힘들다.

트랜스리스 방식은 소형경량으로 가격적인 측면에서도 안정되고, 신뢰성도 높지만 상용정원과의 사이에는 비절연이라는 점이 절연변압기를 사용하는 것과의 차이점으로 들 수 있다. 초창기에는 상용전원과의 사이에 비절연이라는 이유로 직접 저압교류를 사용하는 주택용과 같은 소용량의 경우 모듈에 충전전류나 지락시 사소한 문제점이 있었지만 이 부분에 대해서는 절연 변압기를 사용한 것과 같이 전자적인 회로를 보강하여 완전히 극복한 제품들이 많이 출현되고 있기 때문에 문제점은 작고, 특히 발전사

업자용의 경우 신뢰성이나 효율적인 측면에서 오히려 더 적극 권장하고 싶은 방식이다. 이방식의 경우 일본에서 가장 많이 사용하는 방식중 하나이며, 상용전원과의 비절연에 따른 모듈의 충전전류에 의한 누전차단기의 오동작이나 지락사고에 의한 안전장치 등 여러 가지 안전 등급을 향상시켰기 때문에 최근에는 이 방식의 신뢰도와 종합 효율이 오히려 더 높다고 할 수 있다.

Table 1 PV power conditioning system application

구분	회로도	설명
1.저주파변압기 절연방식		태양전지의 직류출력을 사용주파의 교류에 의해 변환 한 후, 변압기를 절연한다.
2.고주파변압기 절연방식		태양전지의 직류출력을 고주파의 교류에 변환한 후, 소형의 고주파 변압기를 절연하고, 그 후 직류로 변환해서 다시 상용주파의 교류로 변환한다.
3.트랜스리스 방식		태양전지의 직류출력을 DC-DC 컨버터로 승압해서 인버터를 상용주파의 교류로 변환한다.

인버터는 그림 9와 같이 트랜지스터나 IGBT 등의 스위칭 소자를 이용하여 구성한다. 스위칭 소자의 ON-OFF를 규칙적으로 반복함으로써 직류입력에서 교류출력을 발생시키고 있다. 이처럼 단순한 ON-OFF 회로에서 만든 인버터의 출력 파형에는 고주파가 많이 포함되어 있기 때문에 실용적이지 못하다. 따라서 고주파 PWM 기술을 구사하여 정현파의 양단 부근에는 전압의 폭을 좁히고 중앙부는 폭을 넓혀서 반사이클 사이에 몇 회 같은 방향으로 스위칭하여 그림 10과 같이 펄스파의 열을 만들게 된다. 이 펄스파를 간단한 필터를 통해서 정현파로 만든다.<sup>[9]</sup>

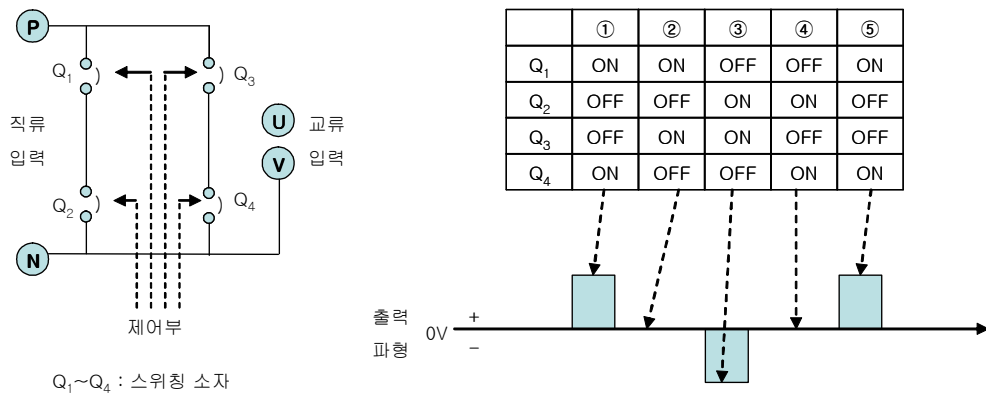


Fig 9. PV system inverter relativity

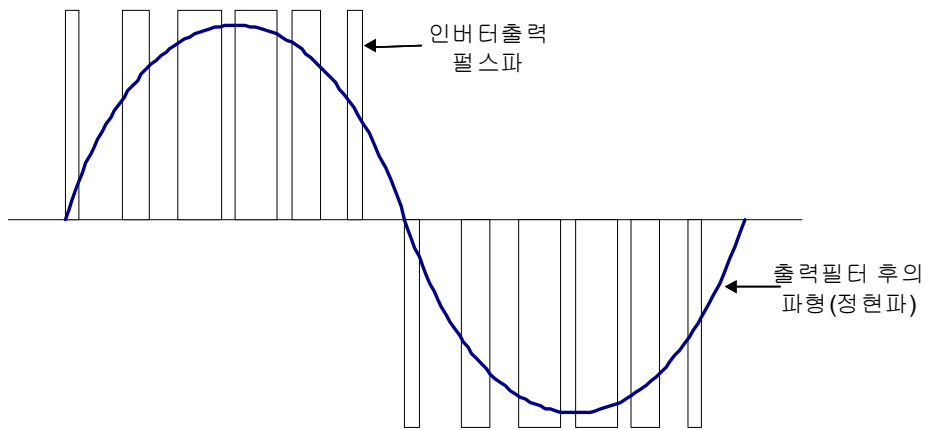


Fig 10. PV system inverter output



## B. 건축적 적용

초기의 PV 시스템은 건물 요소로서의 기능보다는 전력이라는 에너지 생산에만 그 초점이 맞추어져 있었기 때문에 건물의 외부나 옥상에 새로운 구조물을 세워서 부착시키는 형태가 주류를 이뤘으나 차차 건물의 지붕이나 외피에 부착하는 방식과 아치형 등으로 발전해서 현재는 건물 재료의 일부로 다양하게 활용하고 미적인면을 고려한 새로운 제품들의 개발로 그 범위가 넓어지고 있다.

PV 시스템을 건물에 적용할 때는 기후 요인과 방향, 그리고 대지의 특성과 관련된 환경적 요소, 도시계획, 건축법, PV 모듈의 유형과 설치방법, 미적인 관점, 그리고 구조 및 엔지니어링 측면의 고려가 필요하다. 이처럼 PV 시스템은 최적의 방향과 경사도를 가지고 최대의 전력을 생산해내는 PV 시스템 고유의 목적을 유지함과 동시에 기술적, 미적인 특성이 함께 고려되어야 한다. 수년 전부터 많은 선진국에서는 아치형 PV 시스템을 건물에 적용함에 있어 이와 같은 고려사항을 충분히 인식하고 계속된 연구를 통해 다양한 형태의 아치형 PV 시스템을 개발하고 있다.<sup>[10],[11]</sup>

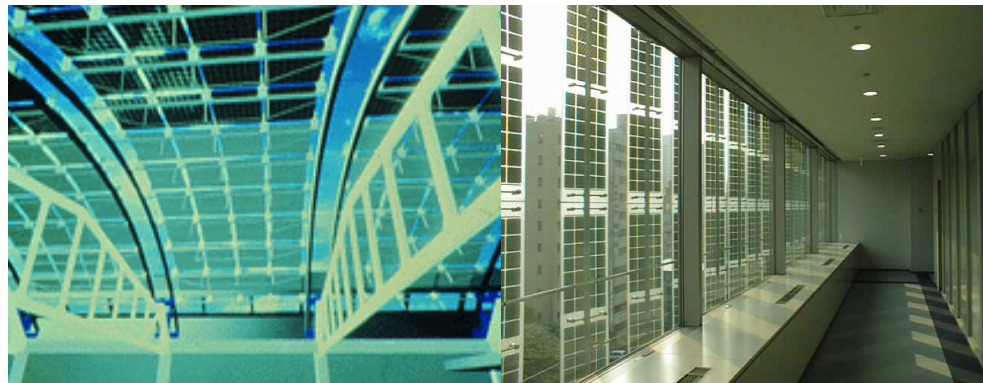
그림 11에서와 같이 PV 어레이는 최대의 전력을 생산하기 위하여 최적의 경사각인 30°의 일정 경사각으로 설계 및 설치되거나 PV 시스템의 설치가 건물에 주는 시각적 효과 및 건물외피 절약을 위하여 건물일체형으로, PV 모듈을 건물의 차양장치로 사용하는 차양형으로 설계 설치된다. 또한 미적인 특성을 고려하여 아치형으로도 많이 설계 및 설치한다.



(a) 아치형



(b) 일정 경사형



(c) 차양형

Fig. 11 PV system application

## C. 성능특성 평가분석

### 1. PV 시스템의 손실

PV 시스템에 발생하는 주요 손실은 크게 설치 환경과 설계시공에 의한 손실로 구분할 수 있다. 설치환경에 의한 손실은 그늘, 입사각 변동, 오염·열화, 적설 및 온도상승 등에 의한 손실이고 설계제어에 의한 손실은 직류회로, 미스매칭 및 PCS 등에 의한 손실이다.

주변에 건물 혹은 수목 등으로 PV 어레이에 부분적이 그늘이 발생하여 PV 어레이에 입사되는 일사강도가 감소하여 발생하는 손실이다. 구름, 적설 등의 특정한 시간에만 미치는 부분그늘은 제외된다.

입사각 변동에 의한 손실은 어레이 표면에 입사되는 일사강도는 입사각에 대해서 PV 모듈 표면의 유리 반사나, 충전대 등의 영향으로 STC에서 수직면으로 입사되는 값과 비교하면 PV 모듈에 입사되는 일사강도가 적게 되면서 발생하는 손실이다. 즉 동일한 일사강도이지만 입사각의 차이에 의해서 발생하는 손실이다.

태양전지의 p-n 접합부의 온도상승은 에너지밴드 갭의 축소로 전압이 떨어지면서 발생하는 손실이다. 반면 전류는 온도상승과 비례하여 조금 증가 한다. 온도상승에 의한 손실은 태양전지의 종류에 따라서 다르지만 PV 어레이의 출력전력은 전류보다는 전압에 의해서 결정되기에 온도상승과 함께 출력전력은 떨어진다.

PV 어레이는 환경변화 및 부하조건에 따라 I-V 특성곡선이 변화되므로 MPP도 고정된 것이 아니라 변화되기 때문에 항상 MPP에서 운전되는 것이 아니다. STC에서 PV 어레이의 정격출력이 MPP이기 때문에 운전동작점이 MPP로부터 벗어날 경우에 발생하는 손실이다. 여기에는 PCS의 MPPT 제어오차, 전압상승억제 기능을 가진 유효전력제어 및 정

전압제어와 PV 모듈이 직렬 연결된 각 스트링사이의 직병렬 불균형에 따른 전압변동 등이 포함된다.

오염, 열화는 정격 출력등의 부족을 가져온다. PV 모듈이 오염되었거나 열점현상 등에 의해서 발생하는 손실을 말하는 것이다. PV 모듈의 오염정도는 경사각이 작을수록 크고, 성능저하와 같이 실제 PV 어레이 정격출력보다 적을 경우 발생하는 손실이다.

태양광발전용 PCS는 제조사 및 모델별로 기동조건이 다르기 때문에 PV 어레이 표면에 입사되는 일사강도는 존재하지만 PCS가 운전을 하지 않고 계속 대기상태로 있을 때 발생하는 손실이다. 즉, 입력에너지인 일사량은 존재하지만 시스템 출력 전력량이 없다는 것을 말한다.

PCS는 부하에 대한 효율곡선에 의해서 직류전력에서 교류전력으로의 변환효율이 100%가 될 수 없다. 따라서 PV 어레이와 PCS의 출력전력량과의 차이에 의해서 발생하는 손실이다.

## 2. 계측항목

PV 시스템의 성능특성을 평가분석하기 위해서는 먼저 PV 시스템을 설치한 지역의 위도, 경도, 시스템의 방위 및 경사각 등의 기본 정보와 사용된 PV 모듈 및 PCS의 사양 그리고 PV 시스템 설계서가 필요하다.

친환경에너지원인 PV 시스템은 설치환경 및 설계시공 등의 조건이 모두 동일하더라도 일사강도 및 온도 등이 변화되기 때문에 발전성능도 변화된다. 따라서 PV 시스템의 성능특성을 평가분석하기 위해서는 태양에너지인 일사량, 대기온도, STC에서의 PV 어레이 정격출력 및 모듈 온도, PCS 정격출력, 부하 및 계통 전력에 대한 모든 항목을 계측하여야 한다. 표 2는 분석기간 동안의 PV 시스템의 계측항목을 나타내고 있다.

Table 2 PV system basic information & instrumentation itemize

변 수	기 호	단 위
기상		
PV 어레이 경사면 일사강도	$G_T$	$\text{kW/m}^2$
PV 어레이 경사면 일사량	$H_A$	$\text{kWh/m}^2$
외기 온도	$T_A$	$^{\circ}\text{C}$
PV 어레이		
출력 전압	$V_A$	V
출력 전류	$I_A$	A
출력 전력량	$E_A$	kWh
태양전지 표면온도	$T_C$	$^{\circ}\text{C}$
부하		
입력전압	$V_L$	V
입력전류	$I_L$	A
일력전력	$P_L$	kW
입력전력량	$E_L$	kWh
상용전력계통		
전압	$V_U$	V
수전전류	$I_{FU}$	A
수전전력	$P_{FU}$	kW
수전전력량	$E_{FU}$	kWh
역조류전류	$I_{TU}$	A
역조류전력	$P_{TU}$	kW
역조류전력량	$E_{TU}$	kWh

### 3. 평가방법

계측데이터를 이용하여 PV 시스템의 성능특성을 평가 분석하는 것은 그 결과를 토대로 시스템의 운전 상태를 파악하여 성능저하 및 이상 유무 등의 발전성능이 떨어지는 원인을 예측 진단함으로써 이에 대한 성능개선 및 대책기술을 확립하여 PV 모듈 및 PCS의 성능개선과 최적선정, PV 시스템의 최적설계, 효율적인 사후운영관리 및 유지점검기술 개발과 함께 에너지 이용효율과 비용절감을 개선하는데 있다.<sup>[12],[13]</sup>

PV 시스템의 성능특성 평가분석 방법은 수집된 계측데이터로부터 등가 태양 일조시간, 등가 PV 어레이 가동시간, 등가 시스템 가동시간, 성능계수 및 발생 손실 등의 성능특성을 비교 분석하여야 한다.

등가 태양 일조시간은 STC에서 일사강도가  $1\text{kW/m}^2$ 을 기준으로 PV 어레이면에 받는 일사량을 1일 동안 공급받는데 필요한 시간으로 식 (10)으로 정의 한다.

$$Y_r = \frac{H_{Ad}}{G_{T,ref}} \quad (10)$$

여기서  $Y_r$ 은 등가 태양 일조시간,  $H_{Ad}$ 는 일별 평균 경사면 일사량,  $G_T$ 는 일사강도 그리고  $G_{Tref}$ 는 STC에서의 일사강도인  $1\text{kW/m}^2$ 이다.

1일 동안 PV 어레이의 출력전력량을 시스템에 공급하는 경우 PV 어레이가 STC에서 정격출력으로 가동한다고 가정할 때 1일 동안 가동할 수 있는 시간으로 식 (11)로 정의한다.

$$Y_A = \frac{E_{Ad}}{P_{AS}} \quad (11)$$

여기서  $Y_A$ 는 등가 PV 어레이 가동시간,  $E_{Ad}$ 는 일별평균 PV 어레이 출력전력량,  $P_{AS}$ 는 PV 어레이 정격출력,  $\tau_r$ 는 측정 혹은 기록주기 그리고  $P_A$ 는 PV 어레이 출력전력이다.

1일 동안 시스템의 출력전력량을 부하나 계통에 공급하는 경우 STC에서의 PV 어레이 정격출력으로 나눈 값이다. 즉 PV 어레이가 STC에서의 정격출력으로 가동한다고 가정할 때 시스템이 1일동안 가동할 수 있는 시간으로 식 (12)로 정의한다.

$$Y_P = \frac{E_{P,d}}{P_{AS}} \quad (12)$$

여기서,  $Y_P$ 는 등가 시스템 가동시간,  $E_{Pd}$ 는 일별 평균 경사면 일사량,  $G_r$ 는 일사강도 그리고  $G_{r,ref}$ 는 STC에서의 일사강도인  $1[\text{kW}/\text{m}^2]$ 이다.

PV 어레이 손실인  $L_C$ (Capture losses)는 태양에너지로부터 직류전력으로 변환하는 과정에서 발생하는 손실로 등가 태양 일조시간과 등가 어레이 가동시간의 차이값으로 식 (13)으로 정의된다.

$$L_C = Y_r - Y_A \quad (13)$$

시스템 손실인  $L_S$ (System losses)는 직류전력에서 교류전력으로 전력 변환하는 과정에서 발생하는 손실로 등가 PV 어레이 가동시간과 등가 시스템 가동시간의 차이값 혹은 등가 PV 어레이 가동시간과 변환효율과의 곱으로 식 (14)로 정의한다.

$$L_S = Y_A - Y_P \quad (14)$$

시스템 성능계수(PR : Performance Ratio)는 표준상태에서 손실을 고려하지 않은 이상적인 성능과 실제 성능과의 비이다. 다시 말하면 등가 시스템 가동시간을 등가 태양 일조시간으로 나눈 값으로 식 (15)로 정의한다.

$$PR = \frac{Y_P}{Y_r} \quad (15)$$

### III. 시뮬레이션

#### A. 시스템 구성

본 논문에서는 아치형 PV 시스템의 출력특성을 분석하기 위하여 경도 126.92°, 위도 35.1°에 위치한 일정경사형 및 아치형 PV 시스템에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 태양전지 모듈은 정격출력이 210W인 SANYO사의 HIP-210NH 모듈을 사용하였으며, PV 모듈 144장을 9직렬 16병렬로 연결하여 정격용량이 30kW인 PV 어레이를 구성하였다. 표 3은 태양전지 모듈의 파라미터를 나타내고 있고 그림 12는 PV 모듈 단면도를 나타내고 있다.

일정 경사형 및 아치형 PV 시스템의 PV 어레이 구성은 그림 13 (a), (b)와 같이 모두 9직렬 16병렬로 구성하였으며 방위각은 모두 정남향으로 설계하였다.

Table 3 Parameters of PV module

Parameter	Value
Cell Type	Mono crystalline Si
Cell Efficiency	18.9 [%]
Maximum power ( $P_{max}$ )	210 [W]
Max. power voltage ( $V_{mp}$ )	41.3 [V]
Max. power current ( $I_{mp}$ )	5.09 [A]
Open circuit voltage ( $V_{oc}$ )	50.9 [V]
Short circuit current ( $I_{sc}$ )	5.57 [A]
Module Efficiency	16.5 [%]
Module Size	798*1580 [mm]



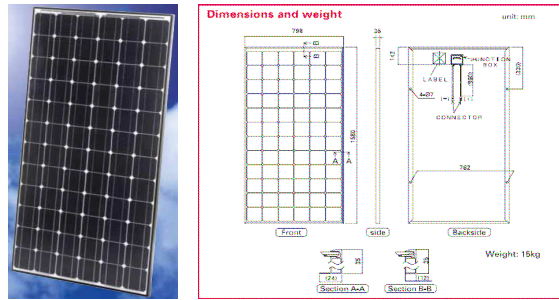
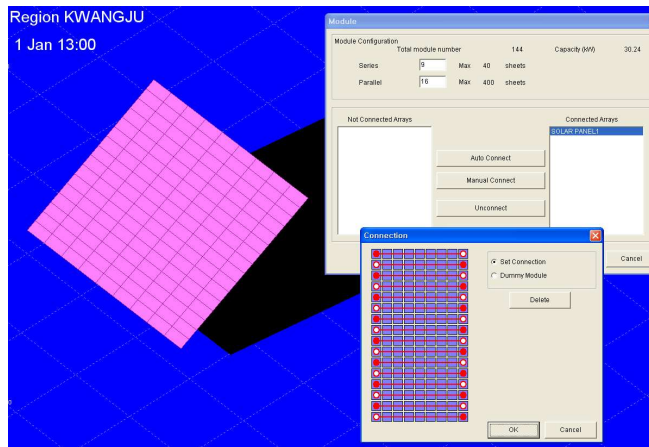
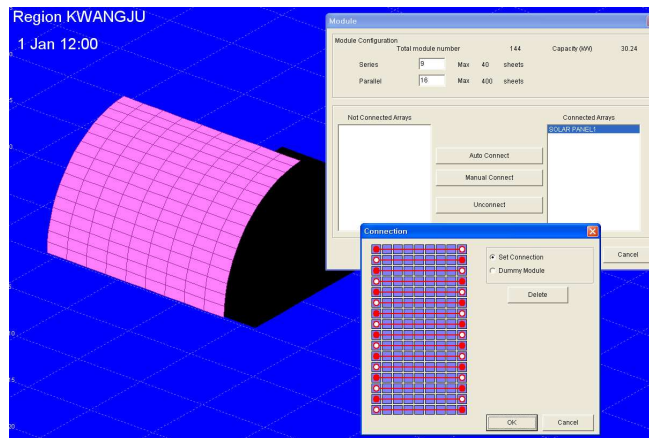


Fig. 12 PV module



(a) 일정 경사형



(b) 아치형

Fig. 13 PV array configuration

## B. 경사각에 따른 PV어레이 출력특성

일정 경사형 PV 시스템의 경사각에 따른 출력특성을 분석하기 위하여 방위각은 모두 정남향으로 경사각은 0°부터 90°까지 10°씩 가변하여 시뮬레이션을 수행하였다.

표 4는 설치 경사각에 따른 운전특성 데이터를 나타내고 있고 그림 14는 설치 경사각에 따른 PV 어레이 발전량을 나타내며 그림 15는 경사각에 따른 PR 및 Lc, Ls 특성을 나타내고 있다.

Table 4 PV systems output data for tilt angle

	PV Array out put [kWh]	PCS out put [kWh]	PR [%]	Lc [h/d]	Ls [h/d]
0°	32,449	29,853	68.03	1.036	0.235
10°	34,418	31,664	72.16	0.857	0.249
20°	35,629	32,779	74.70	0.748	0.258
30°	36,050	33,166	75.58	0.709	0.261
40°	35,688	32,833	74.83	0.742	0.259
50°	34,557	31,792	72.45	0.845	0.250
60°	32,661	30,048	68.48	1.016	0.237
70°	30,066	27,660	63.04	1.252	0.218
80°	26,885	24,734	56.37	1.540	0.195
90°	23,215	21,358	48.67	1.872	0.168

설치 경사각이 30° 시 PV 어레이 발전량이 36 [MWh]로 가장 많으며 20° 및 40° 시에는 35.6 [MWh], 35.7 [MWh]로 각각 1.17%, 1%씩 그다지 큰 차이를 보이지 않았으나 다른 설치 경사각에서는 4%이상의 큰 차이가 발생함을 알 수 있었다.

시스템 성능비를 나타내는 PR 역시 설치 경사각이 30° 시 75.58%로 가장 높게 나타났다. 경사각에 따른 PV 어레이 발전량 차이는 모두 PV 어레이의 손실을 나타내는  $L_c$ 의 차이로 나타났으며 발전량이 가장 많은 30° 시 PV 어레이 손실이 가장 적고 발전량이 가장 적은 90° 시 PV 어레이 손실이 가장 많게 나타남을 알 수 있었다. 반면에 PCS의 손실을 나타내는  $L_s$ 는 큰 차이를 보이지 않았으나 발전량이 가장 적은 90° 시에서 손실이 가장 적고 발전량이 가장 많은 30° 시에서 손실이 가장 많게 나타남을 알 수 있었다.

4

Fig. 14 PV array output distinctive for tilt angle

⤿

1 0 0

Fig. 15 PR, Lc, Ls distinctive for tilt angle

9 0

### C. 아치형 PV어레이의 출력특성

아치형 PV 시스템의 경사각에 따른 출력특성을 분석하기 위하여 방위각은 모두 정남향으로 경사각은  $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ,  $10^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ,  $10^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ,  $10^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ,  $10^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ,  $10^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ,  $20^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ,  $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ,  $20^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ,  $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ,  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ,  $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ,  $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ,  $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 씩 각각 가변하여 아치 형태에 따라 시뮬레이션을 수행하였다. 표 5는 아치형 PV 시스템의 설치 경사각에 따른 운전특성 종합데이터를 나타내고 있다.

Table 5 PV systems output data for arch type

	PV Array out put [kWh]	PCS out put [kWh]	PR [%]	Lc [h/d]	Ls [h/d]
$0^{\circ} \sim 90^{\circ}$	32,471	29,873	68.08	1.034	0.235
$10^{\circ} \sim 80^{\circ}$	32,499	29,899	68.14	1.031	0.236
$10^{\circ} \sim 70^{\circ}$	32,544	29,941	68.23	1.027	0.236
$10^{\circ} \sim 60^{\circ}$	32,576	29,970	68.30	1.024	0.236
$10^{\circ} \sim 50^{\circ}$	32,619	30,010	68.39	1.020	0.236
$10^{\circ} \sim 40^{\circ}$	32,656	30,044	68.47	1.017	0.237
$20^{\circ} \sim 70^{\circ}$	32,536	29,933	68.22	1.028	0.236
$20^{\circ} \sim 60^{\circ}$	32,579	29,973	68.31	1.024	0.236
$20^{\circ} \sim 50^{\circ}$	32,617	30,007	68.39	1.020	0.236
$20^{\circ} \sim 40^{\circ}$	32,654	30,042	68.46	1.017	0.237
$30^{\circ} \sim 60^{\circ}$	32,577	29,971	68.30	1.024	0.236
$30^{\circ} \sim 50^{\circ}$	32,614	30,005	68.38	1.021	0.236
$30^{\circ} \sim 40^{\circ}$	32,651	30,039	68.46	1.017	0.237
$40^{\circ} \sim 50^{\circ}$	32,611	30,002	68.37	1.021	0.236

그림 16은 아치형 PV 시스템의 경사각에 따른 월별 PV 어레이 발전량을 나타내고 그림 17은 아치형 PV 어레이의 연간 발전량 비교 분포도를 보여주고 있으며 그림 18은 시스템 성능 특성을 나타내는 PR 및 Lc, Ls 특성을 보여주고 있다.

아치형 PV 시스템의 PV 어레이 발전량은 일정 경사형 PV 시스템에서 발전량이 가장 많고 성능 특성이 가장 좋은 30° 경사각을 갖는 PV 시스템의 발전량에 비해 모두 5% 이상의 차이를 보였다. 그 중 아치형 PV 어레이 설치 경사각이 10°~40° 시 PV 어레이 발전량이 32.656 [MWh]로 가장 많으며 20°~40° 및 30°~40° 시에는 32.654 [MWh], 32.641 [MWh]로 각각 1%씩 그다지 큰 차이를 보이지 않았다.

시스템 성능비를 나타내는 PR 역시 일정 경사형 PV 시스템보다 9.4% 이상의 차이를 나타냈으며 설치 경사각이 10°~40° 시 68.47%로 가장 높게 나타났다. PCS의 손실을 나타내는 Ls는 0.236 [h/d] 좌우로 거의 일정하고 PV 어레이의 손실을 나타내는 Lc는 큰 차이를 보였으며 이러한 발전량 및 성능비 차이는 모두 PV 어레이의 손실임을 알 수 있었다.

4

(a)  $0^\circ \sim 90^\circ$

4

(b)  $10^\circ \sim 80^\circ$

Fig. 16 PV array output by months

4

4

(c)  $10^\circ \sim 70^\circ$

4

(d)  $10^\circ \sim 60^\circ$

Fig. 16 (Continued)

4



4

(e)  $10^\circ \sim 50^\circ$

4

(f)  $10^\circ \sim 40^\circ$

Fig. 16 (Continued)

4

4

(g)  $20^\circ \sim 70^\circ$

4

(h)  $20^\circ \sim 60^\circ$

Fig. 16 (Continued)

4

4

(i)  $20^\circ \sim 50^\circ$

4

(j)  $20^\circ \sim 40^\circ$

Fig. 16 (Continued)

4

4

(k)  $30^\circ \sim 60^\circ$

4

(l)  $30^\circ \sim 50^\circ$

Fig. 16 (Continued)

4

4

(m)  $30^\circ \sim 40^\circ$

4

(n)  $40^\circ \sim 50^\circ$

Fig. 16 (Continued)

4

Fig. 17 PV array output distinctive for arch type

1 0 0

Fig. 18 PR, Lc, Ls distinctive for arch type

9 0

## IV. 결 론

본 논문에서는 아치형 PV 시스템의 아치형태에 따른 출력특성 및 일정 경사각을 갖는 PV 시스템과의 출력특성을 비교분석하기 위하여 시뮬레이션을 통하여 경도 126.92°, 위도 35.1°의 위치에 일정 경사형 및 아치형 30kW PV 시스템을 구성하고 운전특성을 비교 분석하였다.

태양전지 모듈은 일정 경사형 및 아치형 PV 시스템 모두 정격출력이 210W인 SANYO사의 HIP-210NH 모듈을 사용하였으며, PV 모듈 144장을 9직렬 16병렬로 연결하여 정격용량이 30kW인 PV 어레이를 구성하였다. PV 어레이의 방위각은 모두 일사 조건이 가장 양호한 정남향으로 하였고 경사각을 가변하여 시뮬레이션을 수행 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

아치형 PV 시스템의 PV 어레이 발전량은 설치 경사각이 10°~40° 시 32.67 [MWh]로 가장 많고 20°~40° 및 30°~40° 시에는 32.65 [MWh], 32.64 [MWh]로 각각 1%씩 그다지 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 아치형 PV 시스템의 경우 모두 PV 어레이 경사각이 30° 인 일정 경사형 시스템에 비하여 5% 이상의 큰 차이가 남을 알 수 있었다.

시스템 성능비를 나타내는 PR은 설치 경사각이 10°~40° 시 68.47%로 가장 높게 나타났고 20°~40° 및 30°~40° 시에는 모두 68.46%로 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 PR 역시 일정 경사형 PV 시스템보다 9.4% 이상의 차이가 남을 알 수 있었다.

또한 이러한 발전량 및 시스템 성능비 차이는 모두 PV 어레이의 손실임을 알 수 있었으며 PCS의 손실은 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

본 논문은 태양전지를 미래지향적 건축물의 구조에 쉬이 친화되면서 환경적, 기술적, 미적으로 적용될 수 있는 중요한 자료가 되리라 본다.

## 참고문헌

- [1] R.A. Seilheimer, "Silicon Phase Diagrams in Handbook of Semi conductor Silicon Technology", Noyes Publications, 1990.
  
- [2] Dr. F. Lasnier, Tony Gan Ang, "Solar Photovoltaic Handbook", Energy Technology Division Asian Institute of Technology, Vol. 1 (1998), pp. 10-50.
  
- [3] Kotsopoulos A., Duarte J. L., Hendrix M. A. M., Heskes P. J. M., "Islanding behaviour of grid-connected PV inverters operating under different control schemes" Proceedings of the 2002 IEEE 33rd Annual IEEE Poser electronics Specialists Conference, Vol. 3 (2002), pp. 1506-1511.
  
- [4] J. Wohlgemuth and J. Posbic, "Energy Ratings for PV Modules," 14th European PV Conference, 1997.
  
- [5] P. Doshi, G.E. Jellison, and A. Rohatgi, "Characterization and Optimization of Absorbing Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition Deposited Antireflection Coatings for Silicon Photovoltaics", Applied Optics, vol 36, no. 30, p. 7826, 1997.
  
- [6] O. Breitenstein, K. Iwig, and I. Konovalov, "Identification of factors reducing Voc in MC silicon solar cells", *ibid.*, 453-456.



- [7] W.K. Schubert, et al., "A simple single-photomask process for fabrication of high-efficiency multicrystalline-silicon solar cells", 1st World Conf. on PV Energy Conv., 1327-1330 (1996).
- [8] Dr.F.Lasnier, Tony Gan Ang, "Solar Photovoltaic Handbook", Energy Technology Division Asian Institute of Technology, 1988.
- [9] Nagayoshi H., Orio S., Kono Y., Nakajima H., "Novel PV array/module I-V curve simulator circuit", IEEE Photovoltaic Specialists Conference, vol. 1 (2002), pp. 1535-1538.
- [10] N. M. Chivelet, "Comparative Study of Angular Influence on Different PV Module Technologies," 14th European PV Conference, 1997.
- [11] Gwonjong Yu, Jinsoo Song, "Development of Power Converter for Photovoltaic System", Japan-Korea Joint Seminar on TECHNICAL DIGEST PHOTOVOLTAICS, pp. 247~254, 1995.
- [12] 백현수, 김준태, "Photovoltaics 시스템의 건물 일체화 유형", 한국태양에너지학회 PP 3-10, 2001
- [13] 이응직, 김희서, "태양전지의 건축물 적용기법에 관한 연구", 한국태양에너지학회 논문집, V.22, n.2(2002-06)

## 저작물 이용 허락서

학 과	기술· 가정교육전공	학 번	20068120	과 정	석사
성명	한글:김태익      한문:김태익      영문:Tae-Ick Kim				
주소	전라남도 여수시 화양면 장수리 672				
연락처	E-MAIL:				
논문제목	한글 : 아치형 PV 어레이의 성능분석에 관한 연구 영문 : A Study on the Performance Analysis of PV Array for Arch Type				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건 아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억 장치에의 저장, 전송 등을 허락함.
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함.  
다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음.
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

2008 년 12 월 일

저작자: 김 태 익 (인)

**조선대학교 총장 귀하**