[UCI]I804:24011-200000232775

2006年度 8月 碩士學位論文 건물일체형 태양광발전시스템의 운전특성에 관한 연구

2006年度 8月
碩士學位論文

건물일체형 태양광발전시스템의 운전특성에 관한 연구

朝鮮大學校 産業大學院

電 氣 工 學 科

金 希 洙

2006年度 8月
碩士學位論文

건물일체형 태양광발전시스템의 운전특성에 관한 연구

朝鮮大學校 産業大學院

電 氣 工 學 科

金 希 洙

건물일체형 태양광발전시스템의 운전특성에 관한 연구

A Study on the Operating Characteristics of the Building Integrated Photovoltaic System

2006年 8月 日

朝鮮大學校 産業大學院

電 氣 工 學 科

金 希 洙

건물일체형 태양광발전시스템의 운전특성에 관한 연구

指導敎授　　曺 錦 培

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

2006年　5月　　日

朝鮮大學校 産業大學院

電 氣 工 學 科

金 希 洙

金希洙의 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長　朝鮮大學校 敎授 _____印

審査委員　　朝鮮大學校 敎授 _____印

審査委員　　朝鮮大學校 敎授 _____印

2006年　6月　　日

朝鮮大學校 産業大學院

목 차

ABSTRACT

I. 서 론 ····· 1

II. 이론적 고찰 ····· 3

A. 태양전지의 원리 ····· 3

1. 태양전지의 발전원리 및 구조 ····· 3

2. 태양전지의 특성 ····· 4

3. 태양전지의 종류 ····· 7

B. PV시스템의 구성 ····· 9

III. BIPV 시스템 ····· 11

A. BIPV 설계를 위한 고려요소 ····· 11

1. BIPV 모듈 제반 관련요소 ····· 11

2. 태양접근성 및 최적 설치조건 ····· 13

3. 음영과 발전성능 ····· 13

4. 온도와 발전성능 ····· 14

5. 건축과의 조화성 ····· 15

B. BIPV시스템 적용 유형 ····· 16

IV. 실 험 ····· 20

A. 시스템 구성 ····· 20

1. 건물일체형 태양전지 모듈 ····· 20

2. 계통연계형 인버터 ····· 24

B. 실험결과 고찰 ····· 25

V. 결 론 ····· 32

참고문헌

Tables

Table 1 Consideration of BIPV system ····· 12

Table 2 PV module and array specification of BIPV ····· 21

Table 3 Inverter specification ····· 24

Table 4 Output and operating characteristics ····· 31

Figures

Fig. 1 The basic principle of solar cell ····· 3

Fig. 2 The equivalent circuit of solar cell ····· 4

Fig. 3 The voltage and current curve of solar cell ····· 5

Fig. 4 Block diagram of grid connected PV system ····· 10

Fig. 5 Photovoltaic system of grid connected ····· 10

Fig. 6 BIPV system application ····· 19

Fig. 7 Configuration of BIPV ····· 20

Fig. 8 Detail drawing of perpendicular coupla ····· 22

Fig. 9 Photograph of perpendicular coupla ····· 22

Fig. 10 Detail drawing of horizontal coupla ····· 23

Fig. 11 Photograph of horizontal coupla ····· 23

Fig. 12 The irradiation by days ····· 27

Fig. 13 BIPV system output power level by days ····· 27

Fig. 14 Distribution map of PV output by days ····· 27

Fig. 15 The irradiation by months ····· 29

Fig. 16 BIPV system output power level by months ····· 29

Fig. 17 Distribution map of PV output by months ····· 29

Fig. 18 PV array conversion efficiency by months ····· 30

Fig. 19 Inverter efficiency by months ····· 30

Fig. 20 Use ratio of PV system by months ····· 30

Fig. 21 Generating efficiency of PV system by months ····· 31

Fig. 22 Performance ratio by months ····· 31

ABSTRACT

A Study on the Operating Characteristics of the Building Integrated Photovoltaic System

By Hee-Su Kim

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

Department of Electrical Engineering,

Graduate School of Industry, Chosun University

BIPV(Building Integrated photovoltaic system) system can expect dual effects that reduce expenses for establishment of PV system by adding new function as outer covering material of building expect producing the electricity.

In case of PV there are many generation differences according to the exterior environmental facts. In this paper, we compared constitute factors of 3kW BIPV, operating characteristic and total system characteristic (utilization, generation efficiency, loss fact) and found out long time operating data using a watch instrumentations. By use of long time operating result, compare a totally operating characteristics, and we proposed a next building application of BIPV. BIPV system that is proposed in this paper, was established in Solar Energy research center of Chosun University, composed with system. The objective of this paper, is to provide a efficient BIPV design method through the considerations for the integration of PV system.

I. 서 론

인구증가와 산업의 발달에 따라 화석에너지의 사용증가로 인해 환경오염문제가 심각하게 대두되고 있다. 특히 석유, 석탄과 같은 화석연료의 소비로 인해 배출되는 이산화탄소의 배기가스는 지구의 온난화와 오존층 파괴라는 심각한 지구환경문제를 일으키고 있다. 이에 대해 대처방안으로 태양에너지와 같은 친환경적인 자연에너지의 개발과 연구의 필요성이 점차 증대되고 있다. 더우기 에너지소비의 대부분인 97%를 해외에서 수입하고 있는 우리나라의 실정에선 태양에너지와 같은 신재생에너지의 개발과 보급의 필요성은 더욱 요구되고 있으며, 태양광발전은 풍력, 지열 같은 다른 신재생에너지보다 실용화단계가 가장 많이 이루어지고 있다.[1],[2],[3]

태양광발전(PV : Photovoltaics)은 자연의 태양빛을 이용해 전력을 발생시키므로 이산화탄소 배출 같은 대기오염이 없을 뿐만 아니라 현지에서 생산과 소비가 가능하므로 연료의 수송에 의한 손실이 발생하지 않고 발전설비의 유지가 거의 필요 없으며 설치가 쉽다는 것이 큰 장점이다. 하지만 비, 구름, 눈과 같이 흐리거나 어두운 밤의 경우 충분한 발전을 할 수 없다는 점과 넓은 설치면적에 비해 PV시스템의 변환효율이 낮다는 점 그리고 발전단가가 높다는 문제점도 있다. 그러므로 앞으로 태양광발전의 실용화와 보급을 위해서는 무엇보다도 고효율기기의 개발과 보다 저렴한 시스템의 개발이 필요며, PV시스템에서 발생된 전력을 더욱더 효율적으로 적용이 가능한 기술개발 역시 필요하다.

또한 최근에 관심이 고조되고 있는 분야로 전력생산과 그 자체로써 건물 건축 외장재의 일부로써 지붕이나 외피에 부착하는 방식으로 적용이 되는 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV : Building Integrated Photovoltaic)은 태양광발전시스템을 건축물과 일체화시키는 기술로서 전기생산이라는

본래의 목적 이외에 외장재를 대신하여 건축물에 사용함으로서 건물재료비, 비용의 절감을 할 수 있을 뿐 아니라 그 자체가 디자인요소로의 기능을 할 수 있어 별도의 설치면적이 필요 없이 설치 및 적용이 쉽다는 특징이 있어 미국과 독일을 비롯한 유럽 선진국에서 연구 및 개발이 되고 있는 태양광발전시스템의 하나이기도 한다.[4],[5],[6]

특히 유휴부지가 적은 우리나라의 지형적 조건에서는 더욱 유리한 기술이다. 이러한 시스템의 설계시 반드시 고려되어야 하는 설치 조건으로는 방위, 경사, 일사량, 온도 그리고 음영 등이 있다. 이 요소들 중에서도 특히 태양전지 어레이에 발생하는 음영은 태양광발전시스템의 성능저하에 가장 직접적인 영향을 미치는 요소이다. 특히 건물에 적용할 때에는 고도, 방위각과 같은 기본적인 고려사항 이외에도 어레이간 음영 및 주변 건물이나 기타 장애물로 인한 음영 현상에 대한 고려가 필요함으로 건물일체형 태양광발전시스템의 음영현상 및 특성분석에 대한 연구가 이루어졌다. 하지만, 건물일체형 시스템을 구성하여 실증시험에 따른 BIPV시스템의 성능에 영향을 미치는 요인을 검증하는 연구는 미흡한 실정으로 이에 대한 필요성이 요구되어 진다.

따라서, 본 논문에서는 3kW 건물일체형 PV시스템을 구성하여 구성요소기기의 운전특성(태양전지 모듈, 인버터) 및 통합시스템의 운전특성(이용율, 발전효율, 손실요인) 등을 비교 분석하기 위하여 BIPV시스템의 감시계측시스템을 통하여 실시간으로 모니터링 하고 2005년도의 년간 운전데이터를 취득한 DB자료를 활용하여 일반적인 PV시스템과 BIPV시스템의 종합적인 운전특성을 비교 분석하고자 한다. 또한 향후 장시간 운전결과를 토대로 종합적인 운전특성을 평가 분석하여 태양광발전시스템의 건물 적용에 활용할 수 있도록 하고자 한다.

II. 이론적 고찰

A. 태양전지의 원리

1. 태양전지의 발전원리 및 구조

태양광발전은 태양광 에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 태양전지를 사용한 발전방식이다. 태양전지는 실리콘 등의 반도체 소자가 광 에너지를 받아서 전기에너지로 변환되는 특성인 광기전력 효과(Photovoltaic effect)와 광전류 효과(Photo current effect)를 이용하는 다이오드접합(Diode junction) 구조를 갖는 반도체 소자이다.

그림 1은 태양전지의 단면을 나타내며, 일반적으로 태양전지는 4가 원소인 실리콘(Si)에 5가 원소인 (P, As, Sb) 등을 첨가시킨 n형 반도체와 3가 원소(B, K) 등을 첨가시켜 만든 p형 반도체를 접합시켜 다이오드 형태의 pn접합 태양전지가 얻어진다. 금지대폭(Energy gap) 이상의 에너지를 갖는 광자가 태양전지 내에 인입되어 가전자대의 전자를 여기 시켜 전도대로 이동시켜 광기전력을 생성시킨다. 그리고 pn접합 양단 전극에 외부의 도선을 연결시키면 n형에서는 전자가 외부도선으로 이동하고 반면에 p형 반도체에서는 정공이 외부도선으로 흐르게 된다.[7],[8]

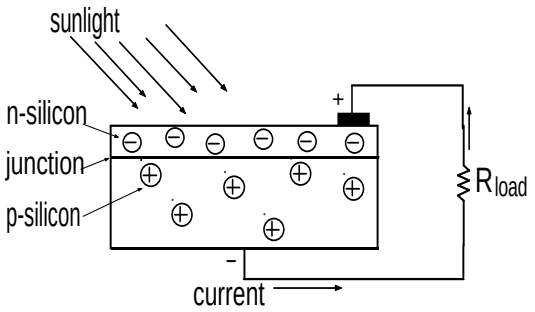


Fig. 1 The basic principle of solar cell

2. 태양전지의 특성

태양전지는 한 개의 이상적인 다이오드와 I_{ph}의 크기를 갖는 정전류원으로 구성되어 있지만 이상적인 다이오드를 제작하는 것이 불가능하므로 접촉저항 및 표면층의 시트(sheet)저항 등을 표시하는 직렬저항 Rs와 병렬저항 Rsh를 고려해야 한다. 태양전지 표면에 입사하는 빛의 일부는 표면에서 반사되며, 표면을 투과한 빛은 태양전지 내에서 흡수되어 광자 수는 지수 함수적으로 감소한다. 그림 2는 빛이 조사될 때 광기전력의 효과(photovoltaic effect)를 이용한 태양전지의 등가회로를 보여주고 있다.

여기서 I_{ph}는 입사된 빛에 의해 생성된 캐리어(carrier)가 외부로부터 방해를 받지 않을 때 폐회로를 통해 흐르는 광기전류이고, I_d는 암전류로서 I_{ph}와는 반대 방향이다. 병렬저항 R_{sh}는 이상적인 다이오드 특성에서 벗어나 일정한 상수 저항으로 표시되는 누설저항을 나타내며, R_s와 R_L은 각각 전지 내부에 존재하는 직렬저항과 외부에서 걸어주는 부하저항을 나타낸다.[9],[10]

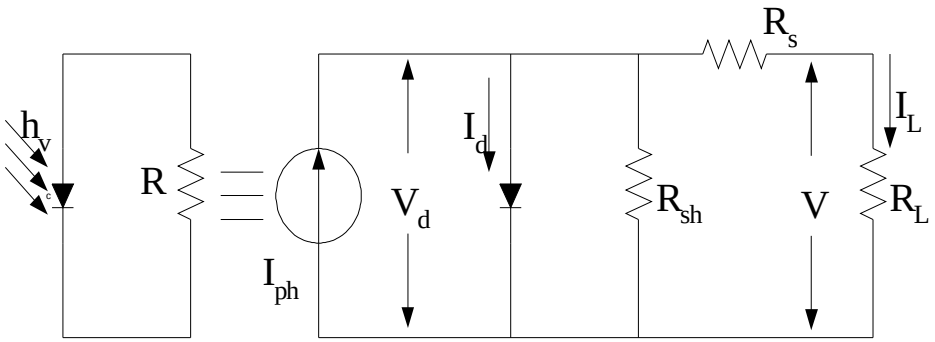


Fig. 2 The equivalent circuit of solar cell

광 투사시 $R_s = 0$, $R_{sh} = \infty$인 이상적인 P-N접합 다이오드인 경우 부하에 흐르는 전류 IL은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_L = I_{Ph} - I_d[\exp\left(\frac{qV}{nKT}\right) - 1] \quad (1)$$

여기서, I_L 은 부하전류, I_{Ph} 는 광전류, I_d는 다이오드의 역포화전류, n 은 다이오드 상수, K 는 볼쯔만 상수이고 q 는 전자의 전하량이다.

그러나, 실제회로에서 직렬저항 R_s와 병렬저항 R_{sh}을 고려하여 식 (1)로부터 태양전지의 출력전류를 구하면 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$I_L = I_{Ph} - I_d[\exp\left(\frac{q(V + IR_S)}{nKT}\right) - 1] - \frac{V + I_L R_S}{R_{sh}} \quad (2)$$

일정온도와 일정 일사조건에서 태양전지의 전압-전류 특성 곡선은 그림 3과 같이 된다. 여기서 개방 전압 V_{oc}, 단락전류 I_{sc}, 충진율 FF (fill factor) 등 3 개의 변수는 에너지 변환효율과 관련되는 파라미터로서, 먼저 식(1)로부터 $I_L = 0$ 인 조건에서 개방전압 V_{OC}는 식 (3)과 같다.

$$V_{OC} = \frac{nKT}{q} \ln\left(\frac{I_{Ph}}{I_d} + 1\right) \quad (3)$$

단락전류 I_{sc} 는 $V = 0$ 인 조건으로부터 $I_{sc} = I_{ph}$ 가 된다.

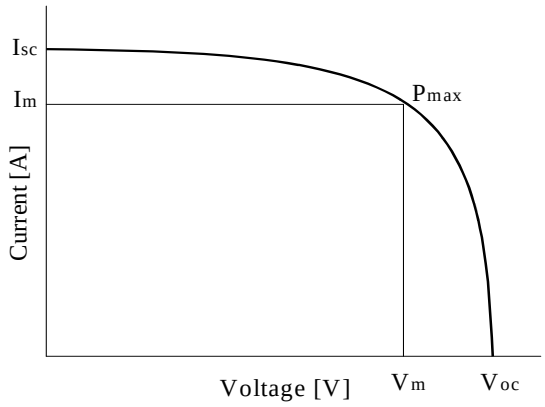


Fig. 3 The voltage and current curve of solar cell

전지에 연결된 부하저항의 크기를 조정함으로서 어떤 최적 동작점에서 최대의 출력 Pmax를 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{\max} = V_m \cdot I_m \tag{4}$$

부하저항에서 소비되는 에너지를 Pout라 하면 식 (5)와 같다.

$$P_{out} = V \cdot I = V \cdot I_{ph} - I_0[\exp(-\frac{qV}{nkT}) - 1] \tag{5}$$

최적부하조건에서 $\frac{dP_{out}}{dV} = 0$ 이므로 최적동작전압 Vm은 식 (6)과 같다.

$$V_m = \exp(\frac{qV_m}{nkT})(1 + \frac{qV_m}{nkT}) = (\frac{I_{ph}}{I_0}) + 1 \tag{6}$$

또한 이때의 최적동작전류 Im은 식 (7)과 같다.

$$I_m = \frac{(I_{ph} + I_0) \cdot (qV_m / nkT)}{1 + (qV_m / nkT)} \tag{7}$$

Pmax이 커지기 위해서는 특성곡선에서 Im과 Vm이 Isc와 Voc에 가까워야 함을 알 수 있다.

태양전지의 특성을 평가하는데 있어서 단락전류, 개방전압과 더불어 가장 중요한 요소 중의 하나는 충진율이며 식 (8)과 같이 정의된다.

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{(V_{OC} \times I_{SC})} \tag{8}$$

태양전지의 에너지 변환효율은 태양전지에서 얻을 수 있는 최대의 전기에너지를 입사광에너지로 나눈 값으로 다음 식 (9)와 같다.

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{P_{in}} = \frac{V_{OC} \times I_{SC}}{P_{in}} \times FF \tag{9}$$

여기서, P_{in}은 입사된 태양광 에너지이다.

따라서 태양전지의 효율을 높이기 위해서는 단락전류 Isc, 개방전압 Voc, 그리고 충진율 FF를 높여야 한다.

지금까지 태양전지의 특성을 고찰한 결과 태양전지의 전기적 특성을 결정하는 요소를 보면 내부적인 변수로서 내부직렬저항 Rs, 내부병렬저항 Rsh 그리고 다이오드포화전류 Id 이고, 외부적인 변수로서는 일사량과 온도의 변화 등이 있다.

3. 태양전지의 종류

태양전지의 효율은 입사되는 태양복사광 에너지와 태양전지의 단자에서 나오는 전기 출력에너지의 비를 퍼센트로 표시한 것으로 국제 전기규격 표준위원회에서는 지상용 태양전지에 관해 태양복사의 공기질량 통과조건이 통과질량(AM : Air Mass) 1.5, 100mW/㎠의 입력광 파워에 대해 부하조건을 바꿀경우의 최대 출력과 비율을 백분율로 표시한 것을 공칭효율이라고 정의하고 있다.

1) 단결정 실리콘 태양전지

단결정 실리콘 태양전지는 순도가 높고 결정결함이 낮으며, 원자가 배열된 방향이 균일한 물질로 구성되어 있다. 대부분 반도체 IC용으로 생산된 것 중 결함이 있는 실리콘 결정을 재 용융하여, 그 품질이 반도체 IC용으로는 부적합하지만 태양전지로 사용하기에는 충분한 기판으로 생산한다. 단결정 실리콘 태양전지의 효율은 이론상으로 최대 35%정도이나, 고순도기판은 값이 비싸 대규모로 적용할 경우 초기 투자비의 상승으로 경제성이 떨어질 수 있다.

2) 다결정 실리콘 태양전지

다결정 실리콘 태양전지는 원자가 규칙적으로 배열되어 있으나 배열방향이 서로 다르며, 원리든 단결정계와 거의 동일하지만, 코스트를 저감시키기 위해 복잡한 프로세스의 일부를 생략한 것이라 할 수 있다. 현재 상용 PV용 실리콘은 단결정보다 다결정 실리콘의 사용량이 점차로 증가하는 추세이다. 다결정 실리콘 태양전지의 효율은 최대 19%정도이다.

3) 비결정 실리콘 태양전지

비결정 실리콘 태양전지는 결정이 없는 구조로 분자가 무작위로 배열되어 규칙이 없고 모듈의 변환효율이 낮으며, 제조 프로세서는 반응온도가 낮기 때문에 결정계 태양전지보다 수백분의 1의 제조원가로 생산이 가능하다. 재질이 얇고 구부러지기 쉬워 곡면의 형상에 적용이 용이하며, 형광등과 같은 산란광 아래에서도 발전이 가능하여, 주로 전자계산기와 같은 제품에 활용된다. 그러나 옥외에서 사용할 경우 자외선에 의한 열화가 발생하게 되며, 변환효율이 낮아 결정계 태양전지와 동등한 출력을 얻기 위해서는 부새 이상의 설치면적이 필요하게 된다. 변환효율은 최대 12%정도이다.

4) 박막 다결정 실리콘 태양전지

박막 다결정 실리콘은 보통의 다결정 실리콘보다 약 1/10 이하의 두께로 되어 수십 마이크로미터 10 마이크로미터 정도 이므로, 필요한 실리콘 원료의 양이 상대적으로 줄어들어 비용을 절감하고 제조에 필요한 에너지 또한 큰 폭으로 낮출 수 있다. 또한 변환효율은 비결정 실리콘 태양전지보다 뛰어나 보통 다결정 실리콘 태양전지의 효율을 얻을 수 있는 것이 특징이다. 그러나 실리콘을 박막으로 제조하는 기술은 간단치 않으며, 너무 얇을 경우 빛이 그대로 관통해 버려 전기를 변환할 수 없기 때문에 태양전지 후면에 반사면을 두고, 태양전지 안으로 들어온 태양광이 쉽게 밖으로 나가지 못하도록 표면을 적절히 설계해야 한다.

*B. PV*시스템의 구성

태양광발전은 태양빛을 이용하여 태양전지에서 전기를 생산하는 기술이다. 전기를 생산하는데 있어서 깨끗하고 공해를 일으키지 않으며 햇빛만 있으면 발전이 가능한 기술이다. 입지조건도 그다지 까다롭지 않고, 유지도 쉽다는 장점도 있다. 그리고 화석연료 소비의 증가로 인해 환경문제와 대체에너지수단으로 주목을 받고 있다.

태양광발전시스템은 지구 온난화 등의 환경적 문제를 일으키는 이산화탄소와 같은 유해물질을 배출하지 않는, 환경 친화적인 무공해 발전방식이다. 대부분의 화석연료를 사용한 발전시스템은 소규모로 발전할 경우 발전효율이 떨어지는데, PV시스템의 발전효율은 규모에 관계없이 일정한 효율로 발전하므로, 소규모 분산전력 시스템으로서의 적용이 가능하다. 또한, 대부분의 발전설비가 전력생산을 위해서는 소음 또는 진동을 유발하지만 PV시스템은 구동부가 없어 매우 조용하게 운전되므로, 주거시설 가까이에 설치가 가능하며, 한 번 설치해 놓으면 특별한 문제가 발생되지 않으므로 무인운전이 가능하다. 인공위성이나 무인 등대에서도 특별한 유지관리 없이 지속적인 발전이 가능하며, 특히 PV모듈은 수명이 30~40년 이상 되어 유지관리에 의한 비용을 줄일 수 있다. PV모듈은 다양한 색상과 형상으로 제작이 가능하여, 전기에너지 생산이라는 본래의 기능 외에 외벽, 지붕, 창호, 차양 등의 건축외장재로 사용하여 경제성 향상과 다기능적 역할을 수행한다.[11],[12],[13]

태양광발전을 위해서는 태양전지로부터 생성되는 직류를 교류로 변환시키는 인버터, 비 또는 눈이 며칠간 계속되는 경우를 대비한 전력 저장장치인 축전지 등의 주변장치(Balance of System)가 필수적이다. 일반적으로 태양광발전시스템은 태양전지 어레이, 전력변환장치인 인버터, 구성요소기기를 연결하는 배선 및 중계단자함, 교류측 사용계통에 연결하는 전력량계 등으로 구성된다. 태양전지 어레이에서 발전된 전력이 직류이기 때문에 이

것들을 인버터에서 교류로 변환하여 전력회사로부터 공급되는 교류전력과 병행하여 사용할 수 있도록 하고 있는 방식을 계통연계형 태양광발전시스템이라고 한다. 태양광발전기술은 핵심소자인 태양전지 기술과 주변장치기술로 나뉘어 지는데, 주변장치(Balance of System : BOS)는 직류를 교류로 변환시키는 인버터, 축전지, 지지대 등을 포함한다. 그림 4는 태양광발전시스템의 기본적인 블록다이어그램을 나타내고 있고 그림 5는 태양광발전시스템의 기본구성을 나타내고 있다.

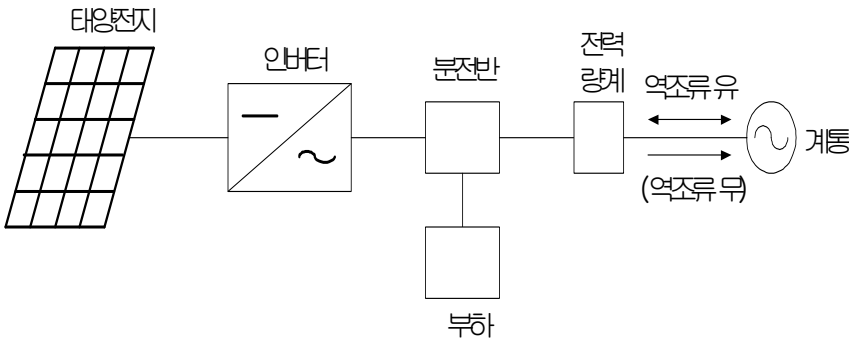


Fig. 4 Block diagram of grid connected PV system

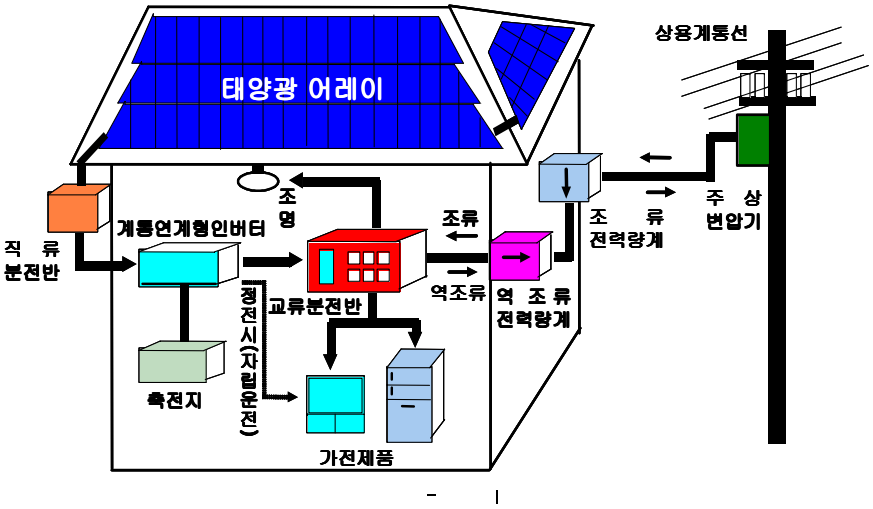


Fig. 5 Photovoltaic system of grid connected

III. BIPV 시스템

A. BIPV 설계를 위한 고려요소

건물에 PV시스템을 적용한 것은 1970년대 미국에서 처음 시작되었는데, 일반적으로 전력생산업체와 멀리 떨어진 건물에 알루미늄 프레임의 PV모듈을 고정시켜 사용하면서 발전되었다. 그 후 점차 발전해 1990년대부터 PV모듈이 건물외피 내에 일체화 되어 디자인되면서 BIPV 시스템이 상업적으로 널리 이용되기 시작되었으며 현재까지 주거용, 상업용, 산업용 그리고 공공기관 건물에 다양하게 적용되고 있다.

BIPV시스템은 PV시스템이 건물에 통합되어 일체화 된다는 의미로, 기존의 PV시스템이 건축물의 지붕이 벽면에 가대 등을 세워 덧붙여 설치하는 방식과는 달리 PV모듈을 건물 외피재료로 대체하여 적용하는 개념이다. 이러한 PV시스템은 전기를 생산하는 동시에 지붕이나 벽면, 차양, 채광창 등과 같은 건물외피의 기능을 부여함으로써 시스템의 경제성을 확보할 수 있는 다기능 건물재료로 PV를 좀 더 효율적으로 적용할 수 있다. BIPV시스템은 모듈을 직,병렬로 연결한 태양전지 어레이(solar array)와 안정된 전기를 공급하고 주어진 조건에서 최대의 전력을 낼 수 있도록 하는 전력조절장치(charge controller) 또는 직교류 변환장치(inverter)와 전력저장용 축전지(storage battery)등의 주변장치로 구성된다.

1. BIPV 모듈 제반 관련요소

전기를 생산하는 PV모듈을 건물일체화하여 건물외피에 부착하기 위해 수반되는 제반고려사항은 기술적 측면에서 경제성 문제까지 수많은 검토요소가 존재한다. 이러한 고려요소를 큰 주제별로 구분해 본다면 건축계

획적 요소와 발전성능의 상호관계, 건물 외장성 문제, 배선 등과 같은 기술적 요소, 안전성 문제, 시공성, 재료 및 구조적 문제, 유지 보수성 등을 대표적으로 들 수 있을 것이며, 이외에도 법규적 검토방법, 경제성 평가방법, 성능평가 방법 등도 직접적으로 관련되는 요소이다. 이들 제반 고려요소에 대한 세부적 관련항목은 표 1과 같다.[14],[15]

Table 1 Consideration of BIPV system

구 분	고 려 사 항
설계요소 및 발전성능	◦ 태양접근성(건물배치) ◦ 설치각도(방위 및 경사) ◦ 음영(인접건물, 식생) ◦ 온도
건축과의 조화성	◦ 형상과 색상 ◦ PV와 건물 통합수준 ◦ 건축척도와 모듈크기
배 선	◦ 의장적 처리기술 ◦ 외피 관통문제 ◦ DC와 AC의 문제
안 전	◦ 파손, 도난 ◦ 번 개
시공성	◦ 외피시공방법 ◦ 방 화 ◦ 적설하중, 풍압, 내압성 ◦ 시공순서
접근성 및 유지성	◦ 세척, 유지 ◦ 수리교체 ◦ 도난 반달리즘
법규적 문제	
경제성 및 부가가치	◦ 환경적, 건축적 영향 ◦ 사회적, 경제적 영향
평가도구	

2. 태양접근성 및 최적 설치조건

태양 복사량은 위도에 따라 변화하며, 최대 획득량은 설치위치 즉, 경사각 및 방위각에 의해 결정된다. 일반적으로 가장 바람직한 방위는 정남향이며 수평면으로부터 경사각은 그 지역의 위도에 의해 결정된다. 일반적으로 가장 바람직한 방위는 정남향이며 수평면으로부터 경사각은 그 지역의 위도에 의해 결정된다. 일반적으로 가장 바람직한 방위는 정남향이며 수평면으로부터 경사각은 그 지역의 위도에 의해 결정된다. 또한 연중 일수에 의해서도 변화되는데 태양고도가 낮은 동절기의 경우 수평면보다는 수직 파사드에 설치된 시스템이 보다 많은 획득량을 기대할 수 있다.

최대 효율을 위한 시스템의 설치위치 결정을 위히서는 국내 지역별 방위 및 경사각에 대한 연중 적산일사 획득량에 대한 상대적 성능비교 데이터의 수립을 통해 효율적인 성능데이터를 제공할 수 있다.

3. 음영과 발전성능

발전성능과 관련된 또 다른 중요사항으로 음영에 따른 발전성능의 저하 문제이다. PV 모듈에 음영이 질 경우 도달 일사량 자체가 줄어들기 때문에 발전량이 감소하는 것은 당연한 원리지만, 부분 음영에 의한 전체 시스템의 발전량 감소도 매우 큰 영향 요소이다. 직렬로 연결된 태양전지의 일부분에 음영이 지면 마치 배관 내 일부분에 병목현상이 발생하는 것과 같은 원리이기 때문에 전체 시스템의 발전효율도 크게 감소하게 된다. 따라서 PV모듈에 음영이 생기지 않도록 설계하는 것이 무엇보다도 중요한 고려요소가 된다.

음영은 크게 인접건물 또는 인근의 나무 등 장애물에 의한 음영과, 건물 자체에 있는 매스요소 또는 PV모듈 구조체 상호관에 의해 생성되는 음영으로 구분할 수 있다.

인접건물에 의한 음영은 우선적으로 배제해야할 설계요소로, 저층 주거건물만 배치된 경우는 비교적 손쉽게 해결될 수 있는 반면, 고층 아파트 건물 내에 위치하는 저층 주거의 경우 음영문제가 큰 영향을 미치게 된다. 설치 위치와 관련해서는 지붕과 같은 수평면보다는 파사드(facade)와 같은 수직면이 음영에 의한 영향을 크게 받음으로 보다 큰 인동간격이 필요하다.

건물주변의 녹화는 시각적 쾌적감 증대는 물론 미기후 조절측면에서 효과적인 설계수단이다. 그러나 나무에 의한 음영의 발생으로 인해 BIPV의 성능에 큰 영향을 미칠 수 있다. 식생의 밀도가 높은 하절기의 경우 영향이 가장 크며, 잎이 떨어지는 하절기의 경우도 가지에 의해 큰 영향을 받을 수 있다. 나무의 성장속도를 고려하는 것도 매우 중요하다. 일년 단위의 변화를 기준할 때 나무의 성장속도는 미미하지만, PV의 수명을 고려할 때 수년 후 나무의 성장결과는 큰 영향을 미칠 수 있다. 이에 대한 해결책은 가능한 건물의 북측에 나무를 심고, 2층 높이를 넘지 않는 나무를 선택하고, 지속적 관리를 통해 일정 규모 이상 증가하지 않도록 해준다.

4. 온도와 발전성능

PV모듈은 태양복사를 받아 전기를 생산하지만, 전기로 변환되지 못한 태양복사에너지는 열로 변환되어 PV모듈의 온도를 상승시킨다. PV모듈의 온도가 상승하면 발전효율은 감소하는 특성을 가지고 있으며, 특히 결정계 태양전지의 경우 효율 감소폭이 더 크다. 기존의 독립형 PV시스템에서는 후면 배기가 자유롭기 때문에 온도에 따른 발전효율 저하의 문제가 큰 관심사항이 아니었으나, 건축자재화 되는 BIPV의 경우 설계 방법에 따라 큰 온도차이를 보일 수 있기 때문에 온도에 따른 발전성능의 문제는 매우 중요한 설계 고려요소이다. 건물외피에 부착된 PV모듈의 온도

는 높은 일사조건에서 주변온도보다 20~40℃ 이상 상승하다. 일반적으로 태양전지의 온도가 1℃씩 상승할 때마다 발전량은 0.4~0.5%씩 감소한다.

따라서 PV모듈을 건축외장재로 결합시키는 경우 필히 효율적으로 열을 분산시킬 수 있는 방법에 대한 상세 설계기술 개발이 필요하다. 건축물 외피에 결합된 PV모듈의 온도상승에 따른 배열문제는 동절기 난방성능 및 하절기 냉방성능과도 연계됨에 따라 열적인 문제와 전기적 문제를 복합적으로 고려해야 하는 매우 복잡한 고려요소이다.

5. 건축과의 조화성

일반적인 태양전지의 색상은 청색 또는 진한청색 및 흑색이 대부분이지만, 필요에 따라 다양한 색상의 태양전지도 제작 가능하다. 태양전지의 효율은 청색계열에서 최대의 효율을 나타내며, 그 외의 색상에서는 kW당 비용이 급속히 증가한다. 현재 가능한 색상종류는 회색, 녹색, 적황색 및 황색계열이다.

모듈의 형태 또한 색상에 의해 큰 영향을 받으며, 프레임이 없는 모듈의 경우 매우 균일한 이미지 효과를 연출할 수 있다. 한편 프레임의 색상 및 형태를 효과적으로 활용할 경우 또다른 강조 이미지를 제공할 수 있는 건축적 언어로 활용될 수 있다.

*B. BIPV*시스템 적용 유형

초기의 PV시스템은 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 방식으로 발전해서 현재는 건물 재료의 일부로 다양하게 활용하고 있으며 새로운 제품들의 개발로 그 범위가 넓어지고 있다. 건물의 외피에 적용하는 PV 패널은 기존의 건물재료를 대체하여 재료비용 및 건설비용의 절감효과를 가져다주며 건물의 미적인 가치를 높여주는 장점이 있다. 이것은 PV의 건물 일체화에 있어서 중요한 사항으로 PV요소가 실제적으로 어느 정도 건물의 일부분으로 적용되는가 하는 문제와 관련이 있다. 일본의 경우 PV지붕재료를 지붕타일과 슁글에 대한 많은 관심을 기울여 시스템을 개발하고 있으며 이것은 기존의 전통적인 지붕재료들을 충분히 대체하고 있다.

BIPV시스템은 구성요소에 따라 지붕 일체형, 입면 일체형, 차양 시스템 등으로 구분할 수 있다.

일체형은 외피마감형과 차양장치형으로 분류할 수 있다. 외피마감형은 PV모듈을 건물의 지붕과 벽의 외장 마감재료로 사용하는 것으로 전기 생산이라는 PV 본래의 기능이외에도 건물외피 재료의 대체라는 건축적 기능성을 갖는다. PV모듈을 이용한 건물재료의 대체는 재료비용 및 건설비용을 절감하는 부수적인 효과를 갖게 한다. 이 방식은 PV모듈을 건물의 단열층인 불투명층 위에 위치시켜서 건물의 가장 바깥층을 이루는 형태로 주로 새로운 건물이나 건물 외피의 교체를 포함하는 건물 개보수의 경우에 적용할 수 있다. 이러한 건물 일체형 시스템에서는 경사각이 90°에 이르며 PV셀의 고효율성을 확실히 하기 위해서 PV모듈 후면에 충분한 환기가 이루어져야하는 단점을 가지고 있지만 설치면적이 큰 장점을 가지고 있다.

PV모듈을 건물의 차양장치로 사용하는 방식인 차양장치형은 경량의 PV모듈을 블라인드나 어닝(awning)의 형태로 건물에 적용하기 때문에 직사광선을 차단하고 동시에 간접광인 산란광을 실내로 유입시킬 수 있다. 건물 내부공간의 용도 특성상 반사에 의한 자연채광이 필요한 곳에서 이러한 방식은 전기생산과 자연채광이라는 두 가지 효과를 얻을 수 있는 시스템으로 방위각역시 건물의 향에 따르나 경사각의 경우 30°에서 채광효과에 따라 50° 정도로 설치가 가능하며, 계절에 따라 수정할 수도 있다.

PV모듈은 다양한 방식으로 건물에 일체화가 되는데 크게 건물의 외피요소인 지붕, 벽체 그리고 차양장치로서 적용된다. 건물 외피는 외부환경으로부터 실내를 보호하고 외관을 결정 짓는 역할을 한다. 건물의 구성요소로 사용되는 PV모듈 역시 이러한 기본적인 건물외피의 역할을 수행하게 된다. 최근의 제품 개발 경향은 크게 지붕통합형 모듈, 입면통합형 모듈, 지붕타일 또는 쉥글(shingle)의 세 가지 영역으로 나뉜다.

PV모듈이 지붕의 마감재로 사용되도록 지붕의 구조시스템에 결합되는 것이 건물일체형 시스템이다. 일반적으로 PV모듈을 지붕에 설치하는 것은 일사획득에 요구되는 경사각을 자연스럽게 얻을 수 있어서 PV모듈의 우수한 성능을 얻는데 유리하며 건물의 다른 부분에 비해서 상대적으로 미학적, 기능적으로 일체화가 수월하다는 장점이 있다. 하지만 구조적인 문제나 기후변호요인, 먼지나 오물의 축적 그리고 눈이나 물, 바람에 대한 하중을 견딜 수 있어야 한다.

입면 일체형 시스템의 경우 건물의 외벽은 물의 유입을 차단해야 하고 열 손실을 조절해야 할뿐만 아니라 빛의 유입을 조절하고, 차음의 역할을 해야 하며 기술적으로 유지하는데 있어서 용이해야 한다. 일반적으로 수직으로 세워진 벽은 지붕에 비해서 태양광에 대한 최적의 향과 경사각을 이루기가 어려울 뿐만 아니라 음영의 영향을 받을 수 있는 가능성 또한 크다. 따라서 건물 외벽에서 PV시스템의 성능을 최적화하는 것은 지붕에 비해 복합적으로 세부적인 고려사항이 필요하다.

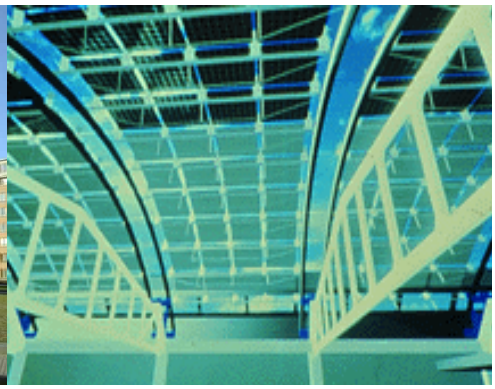
외벽에 사용되는 PV모듈은 PV셀이 삽입된 몇 겹의 유리재로 만들어지며 다양한 색상과 빛 투과율이 가능함으로 일반 외장재처럼 건물의 외벽에 광범위하게 적용할 수 있다. 또한 일반적으로 커튼월 공법에 사용되는 유리외장재처럼 PV외장마감재도 공정제작이 가능하다. PV모듈은 빗물방지용 건물 외피마감재로 쉽게 사용될 수 있는데 이것은 건물벽에 물이 스며드는 것을 방지하고 환기를 목적으로 건물벽과 외피막 사이를 띄우는 형식이다. 건물체와 외피막 사이의 공간에서 발생되는 공기의 대류는 PV시스템의 성능 향상에 중요한 셀의 온도강하에 많은 도움을 주며 PV시스템의 배선을 위한 공간으로도 활용된다. 한편 외벽체를 이중으로 구성하면 커튼월 공법에서 구조체와 외장재의 결합부분에서 발생하는 문제를 줄일 수 있는 장점이 있으며 PV모듈이 생성하는 열을 이용하는 방법도 고려할 수 있다.

불투명한 PV모듈은 창문의 차양으로 설치 될 수 있다. 또한 PV모듈은 창문에 빛 선반(light shelves)으로 설치될 수 있는데 이것은 실내에 직접광이 유입되는 것을 차단하고 실내로 빛을 반사시켜 산란된 간접광을 유입시킨다. 태양빛을 받는 빛 선반의 윗부분을 PV모듈로 제작하고 그늘이 지는 아래 부분은 반사재를 사용하면 자연채광 효과를 증대시킬 수 있다. 이때 PV모듈의 표면은 빛을 실내의 천장으로 반사하게 된다. 반투명 PV를 만드는 방법은 반투명한 특정한 PV cell을 모듈에 적용하여 PV모듈이 반투명이 되게 만든다. 또는 불투명 재직을 일정한 간격으로 띄워서 배치하고 그 사이를 투명하게 유지하여 효과적인 반투명 PV장치를 만들기도 한다. 반투명 PV모듈을 단열유리나 고성능 다층막 창호유닛과 결합시키는 것이 가능하다. 전력 생산이라는 관점에서 보면 실제로 전기를 생산하는 PV 면적이 줄게 됨으로 이 형태의 PV시스템은 일반적인 PV모듈보다 효율이 떨어진다. 그림 6은 BIPV시스템의 유형별 적용된 사례를 보여주고 있다.

(a) 지붕 일체형

(b) 연립형 BIPV

(c) 입면 차양형



(d) 지붕 일체형 반투명

(e) 지붕 일체형

(f) 창문 일체형 반투명

Fig. 6 BIPV system application

IV. 실 험

A. 시스템 구성

국내에 일반적으로 적용되는 PV시스템은 별도의 지지대를 설치하여 모듈을 결합하는 독립형 PV시스템 방식으로 설치비용이 추가되어 전체적으로 비용이 증대되며 외관상 불리한 면이 있다. 이와 달리 건물일체형 PV시스템은 PV모듈을 건물의 최종마감재를 대체하여 적용하는 건물일체형으로 별도의 지지대에 들어가는 설치비용 및 건물 마감재 비용을 절감할 수 있어 경제적이고 건물의 외관을 수려하게 조성할 수 있다.

그림 8에서는 건물일체형 PV시스템의 전체 구성도를 보여주고 있다.

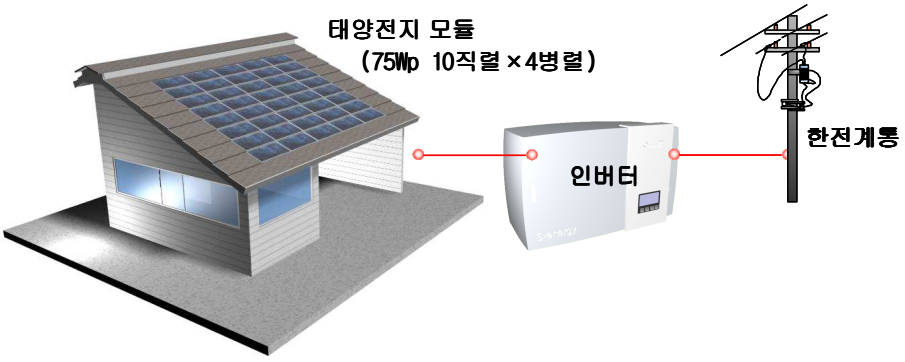


Fig. 7 Configuration of BIPV

1. 건물일체형 태양전지 모듈

건물일체형 PV시스템은 경사지붕방식으로 75Wp급 건물일체형 태양전지 모듈 40장을 직병렬 연결하여 설치하였다. 어레이 설치조건은 국내에 널리 보급되어 있는 일반 주택들의 지붕 경사각을 고려하여 18°로 하였

고 방위각은 발전효율이 가장 우수한 정남향으로 하였다. 건물일체형 태양전지 모듈의 전기적 특성과 어레이 구성은 표 2에서 나타내고 있다.

Table 2 PV module and array specification of BIPV

구 분	규 격	구 분	규 격
최대출력($P_{\max}$)	75Wp	Cell Type	다결정 실리콘
정격전압(V_{mp})	17.3V	모듈 Size(mm)	1204×539×8.8
정격전류(I_{mp})	4.35A	모듈무게 (kg)	7.7
개방전압(V_{oc})	21.8V	설치모듈수량	40
단락전류(I_{sc})	4.75A	어레이 구성	10직렬×4병렬
Cell Size(mm)	125×125	어레이 면적(m^2)	26.0

건물일체형 태양전지 모듈은 태양전지 모듈을 주택의 건축자재화를 이루기 위한 설비로서 적기적 측면뿐만 아니라 구조적 측면에서 지붕마감재로서의 우수침투 방지를 위한 기밀성을 확보하여야 한다.

상하부의 결합을 하부의 지지구조에 결합하는 데는 큰 문제가 없지만 결합의 정밀도가 떨어질 경우 상하부 부재의 결합에 어려움이 있거나 이격된 모습이 노출될 염려가 있다. 따라서 상하부재의 결합부에 상하부재에 대한 완충이 수용될 수 있도록 부재를 첨부하거나 구조의 개조가 필요하다. 또한 시공시나 유지보수시 지붕구조물 위로 이동시 결합부의 파손 우려가 있어 상부 모듈이 지붕의 지지구조 위에 직접 걸리도록 하였다. 그림 8은 수직접합부 상세도를 보여주고 있고 그림 9는 적용된 태양전지 모듈의 수직접합부 사진을 보여주고 있다.

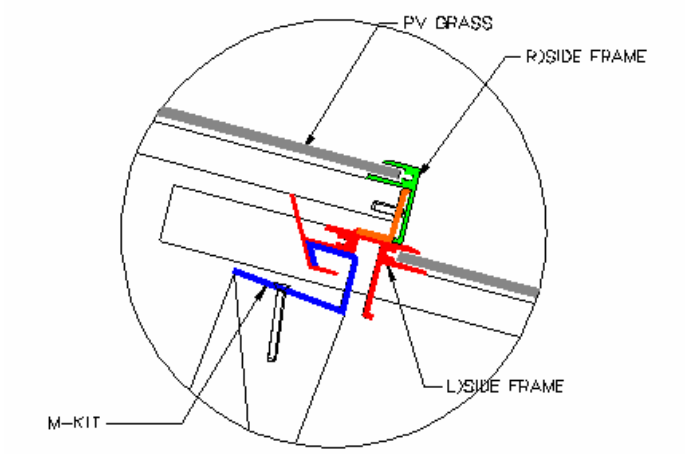


Fig. 8 Detail drawing of perpendicular coupla

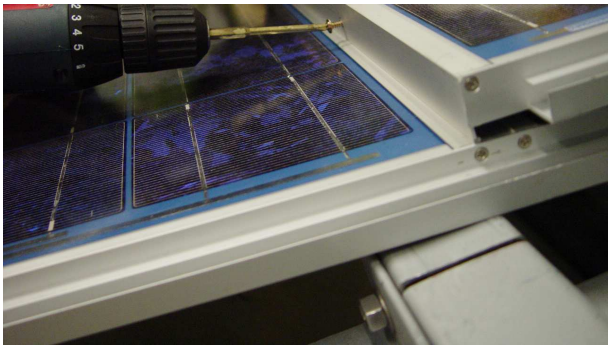


Fig. 9 Photograph of perpendicular coupla

좌우로 접하는 수평방향의 모듈 결합부 하부에 스며드는 물을 유출할 수 있는 구조로 되어 방수에는 문제가 없을 것으로 여겨지나 접합부의 유격이 적어 정밀 시공이 이루어지지 않을 경우 접합이 이루어지지 않을 수 있다. 따라서 시공의 융통성을 위해 접합부의 유격 범위를 확대할 필요가 있다. 그림 10은 수평접합부 상세도를 보여주고 있고 그림 11은 건물일체형 태양전지 모듈의 수평접합부 사진을 보여주고 있다.

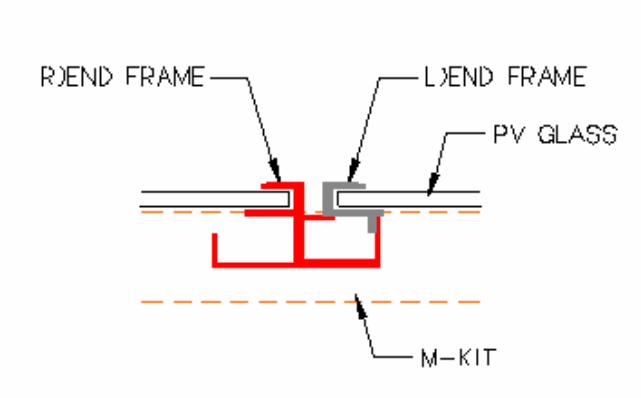


Fig. 10 Detail drawing of horizontal coupla

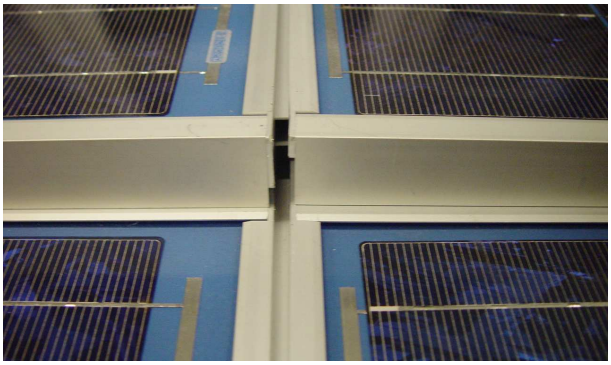


Fig. 11 Photograph of horizontal coupla

2. 계통연계형 인버터

계통연계형 인버터는 태양전지의 직류전력을 상용 교류전력으로 변환하여 전력을 공급하는 기능을 한다. 인버터에 포함되는 기능은 태양광 발전 시스템의 감기제어장치의 일부, 직류 컨디셔너, 인버터, 직류-직류 인터페이스, 교류-교류 인터페이스 및 계통연계장치이다. 건물일체형 PV시스템에는 계통연계형 4kW급 인버터는 건물일체형 태양전지 모듈의 신뢰성 확립을 목적으로 외국산을 적용하였다. 표 3에서는 시스템에 적용된 계통연계형 인버터의 정격시 규격을 나타낸다.

Table 3 Inverter specification

항 목		규 격
인버터 제 어	PCS방식	전압형전류제어
	스위칭 방식	정현파 PWM방식
	절연방식	절연변압기 없음
	상 식	1상 2선식
	단독운전방지	수동적, 능동적
인버터 입 력	정격전압	DC 173V
	운전전압범위	DC 100 ~ 220V
인버터 출 력	정격주파수	60Hz
	정격용량	4kW
	변환효율	93.5%이상
	출력역률	95%이상
	총합전류 왜율	5%이하
	각차전류 왜율	3%이하

B. 실험결과 고찰

3kW 건물일체형 PV시스템을 설치하여 2005년 1년 동안의 모니터링을 통한 PV시스템의 종합적인 운전특성을 분석하였다. 건물일체형 PV시스템의 종합적인 운전특성을 분석평가하기 위하여 분석기간 동안 수집된 실증연구단지에 설치된 실증연구용 PV시스템의 운전데이터를 토대로 비교분석하였다. 종합운전특성을 나타내는 PV어레이 변환효율, 인버터효율, 시스템 성능비, 시스템 이용율, 시스템 발전효율의 계산식은 식 (10), (11), (12), (13), (14)와 같다.

$$\text{어레이변환효율} = \frac{PV\text{출력량}}{\text{일사량} \times PV\text{어레이면적}} \times 100\% \quad (10)$$

$$\text{인버터효율} = \frac{\text{인버터출력량}}{PV\text{출력량}} \times 100\% \quad (11)$$

$$\text{시스템이용율} = \frac{\text{인버터출력량}}{\text{설치용량} \times 24\text{시간} \times \text{일간}} \times 100\% \quad (12)$$

$$\text{시스템발전효율} = \frac{\text{인버터출력량}}{\text{일사량} \times PV\text{어레이면적}} \times 100\% \quad (13)$$

$$\text{시스템성능비} = \frac{\text{인버터출력}}{\text{어레이변환효율(정격)} \times \text{일사량} \times \text{어레이면적}} \times 100\% \quad (14)$$

실험에 의한 특성분석을 위해서 기상측정기기를 설치하여 태양광발전시스템들의 운전특성분석에 있어서 중요한 분석항목인 수평면 및 경사면일사량, 외기온도를 측정하였다. 이들 측정데이터는 태양광발전시스템의 운

전특성분석에 중요한 분석항목으로 측정오차가 크다면 전체 태양광발전시스템의 운전특성분석에 있어서의 신뢰성, 정확성 등의 문제가 발생함으로 시스템의 특성분석에 큰 영향을 준다. 따라서 이러한 기상조건 측정데이터의 정확성, 안정성 등의 검토가 필요하다.

따라서, 분석기간 동안 측정데이터의 오차를 최소화하여 태양광발전시스템의 운전특성분석 결과에 대한 신뢰성, 정확성을 확보하기 위해서 기상조건 계측기기 및 센서들에 대한 보정을 하였다. Eppley사의 보정용 일사량계를 사용하여 경사면 및 수평면 일사량을 측정하여 일사량계에서 측정된 값과 비교하여 보정계수를 사용하여 측정오차를 최소화 한 후 기상데이터를 측정하여 운전특성 분석에 사용하였다.

그림 12는 일별 수평면 및 경사면 일사량 등의 변화분포를 보여주고 있다. 3월 중순에서 4월 중순까지 실증연구단지의 공사의 원인으로 한개월 정도 데이터 취득이 안 되었다. 그림 12에서 분석기간 동안 최다 수평면 및 경사면 일사량은 2005년 5월 10일인 6.3kWh/m^2, 7.6kWh/m^2라는 것을 알 수 있다. 그림 13은 일별 건물일체형 PV시스템의 PV어레이 출력량 및 인버터 출력량 분포도를 보여주고 있고 그림 14는 일별 PV시스템의 출력량 분포도를 보여주고 있다. 그림 13에서 분석기간 동안 건물일체형 PV시스템의 PV어레이 및 인버터 일일 최대 출력전력량은 일사량이 최다인 2005년 5월 10일에 나타났고 그 출력량은 각각 19.8kWh, 18.1kWh라는 것을 알 수 있다. 그림 14에서는 실증용 PV시스템의 PV어레이 및 인버터 일일 최대 출력전력량도 같은 날 비슷한 값으로 각각 19.8kWh, 17.4kWh라는 것을 알 수 있다.

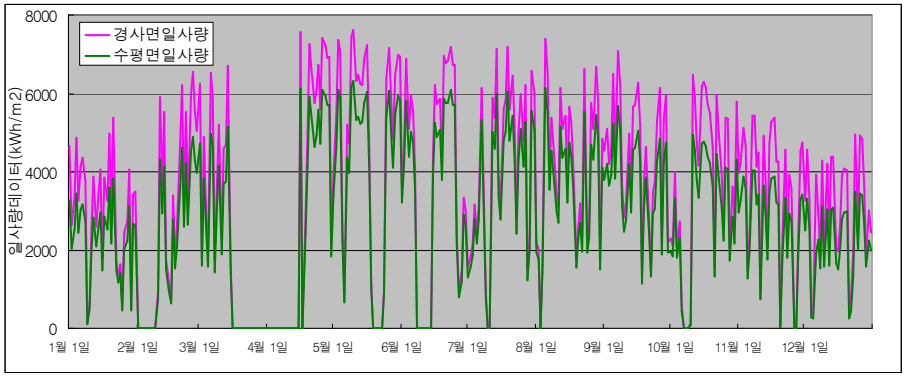


Fig. 12 The irradiation by days

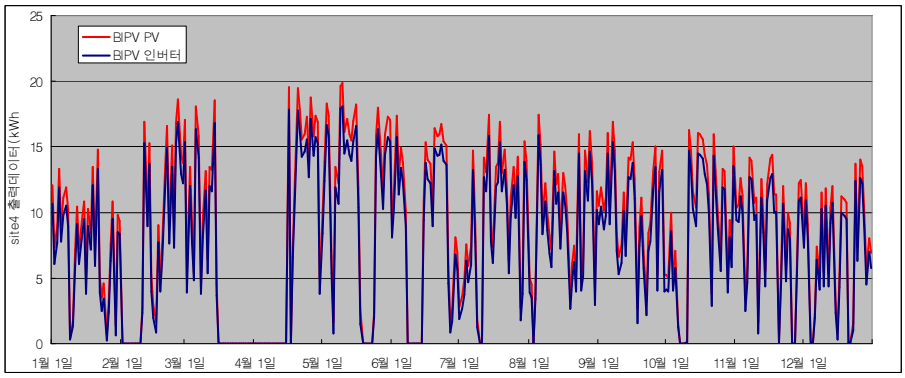


Fig. 13 BIPV system output power level by days

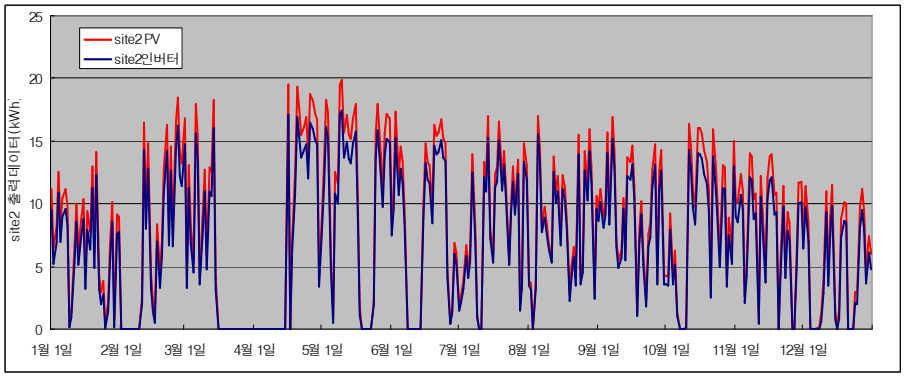


Fig. 14 Distribution map of PV output by days

그림 15 ~ 그림 22는 월별 일사량 분포도 및 시스템 종합운전특성을 보여주고 있다. 그림 15는 월별 일사량 분포도를 보여주고 있다. 그림 15에서 5월에 최다 일사량 143.2kWh/m^2을 나타내고 있고 여름철에는 장마의 원인으로 일사량이 떨어짐을 알 수 있다. 그림 16은 건물일체형 PV시스템의 월별 PV어레이 출력전력량 및 인버터 출력전력량 분포도를 보여주고 있다. 그림 16에서 일사량의 분포와 비슷하며 역시 5월의 출력전력량이 제일 많으며 359.7kWh, 321.5kWh라는 것을 알 수 있다. 그림 17은 실증용 PV시스템의 월별 PV어레이 출력전력량 및 인버터 출력전력량 분포도를 보여주고 있다. 그림 17에서 출력량 분포는 역시 일사량 분포와 비슷하면 5월의 출력전략량이 제일 많으며 349.5kWh, 304.8kWh라는 것을 알 수 있다. 그림 18은 월별 및 연간 평균 PV어레이 변환효율 분포도를 보여주고 있다. 그림 18에서 PV어레이 두 시스템의 변환효율은 비슷하게 나타나고 있고 여름철에 온도 상승으로 어레이변환효율이 떨어짐을 알 수 있다. 또한 12월에 어레이변환효율이 현저히 떨어지는 것은 폭설로 인한 적설이 원인으로 판단된다. 그림 19는 월별 및 연간 평균 인버터효율 분포도를 보여주고 있는데 85%에서 90%사이로 안정적으로 운전함을 알 수 있다. 그림 20 ~ 그림 22는 월별 및 연간 평균 시스템 이용율, 시스템 발전효율, 시스템 성능비 분포도를 보여주고 있다. 그림에서 평균 시스템 이용율은 각각 10.54%, 9.67%이고 평균 시스템 발전효율은 각각 8.44%, 7.89%이며, 평균 시스템 성능비는 각각 76.01%, 71.09%라는 것을 알 수 있다. 시스템 성능비는 표준상태(STC)에서 손실요인을 고려하지 않은 PV시스템의 이상적인 발전성능과 실제 발전성능에 대한 비로 정의한다. 표 4는 분석기간 동안 건물일체형 BIPV시스템과 실증용 PV시스템의 연간 출력량 및 종합적인 운전특성을 나타내고 있다.

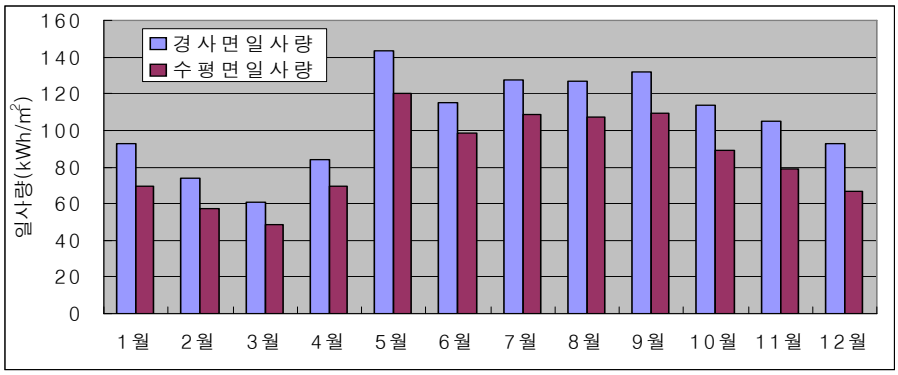


Fig. 15 The irradiation by months

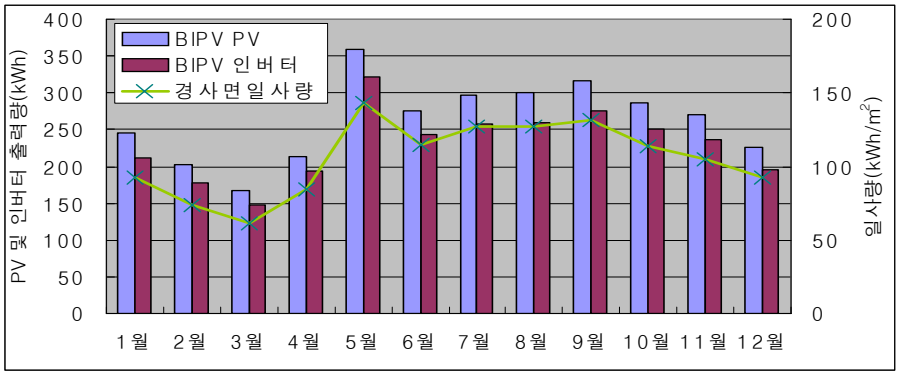


Fig. 16 BIPV system output power level by months

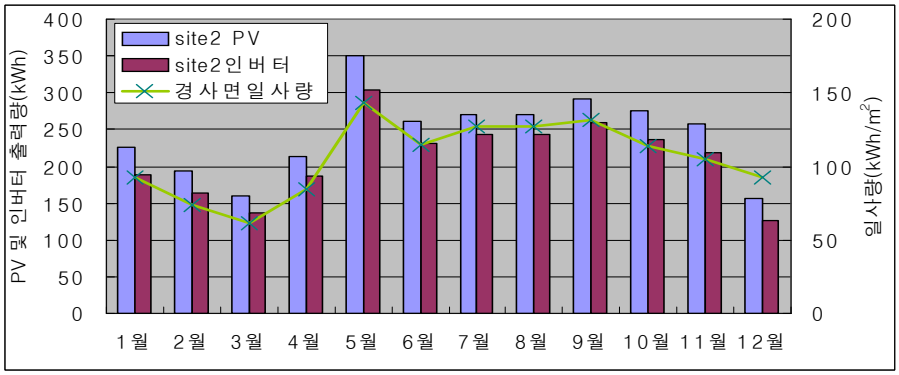


Fig. 17 Distribution map of PV output by months

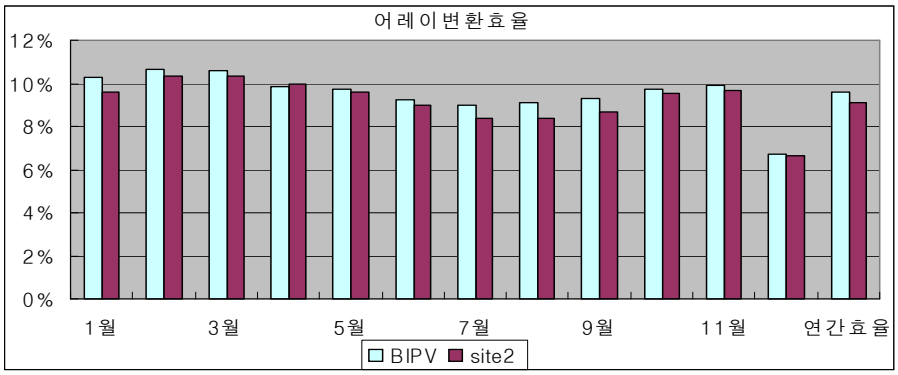


Fig. 18 PV array conversion efficiency by months

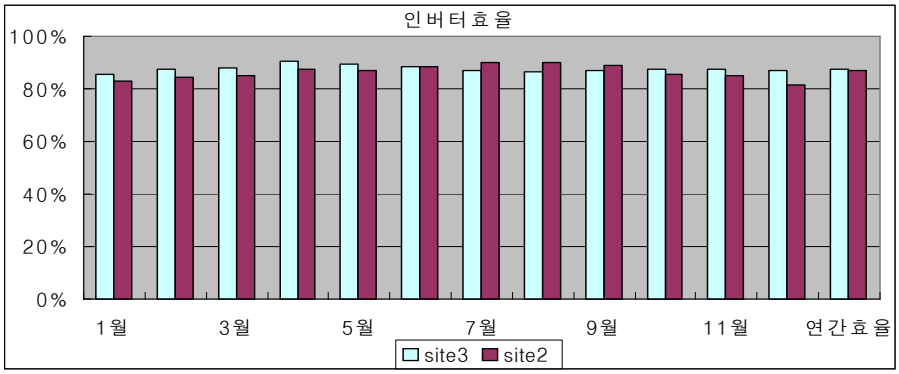


Fig. 19 Inverter efficiency by months

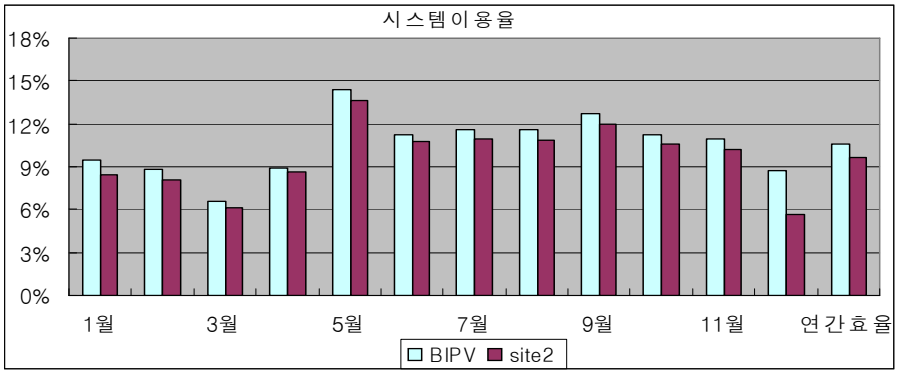


Fig. 20 Use ratio of PV system by months

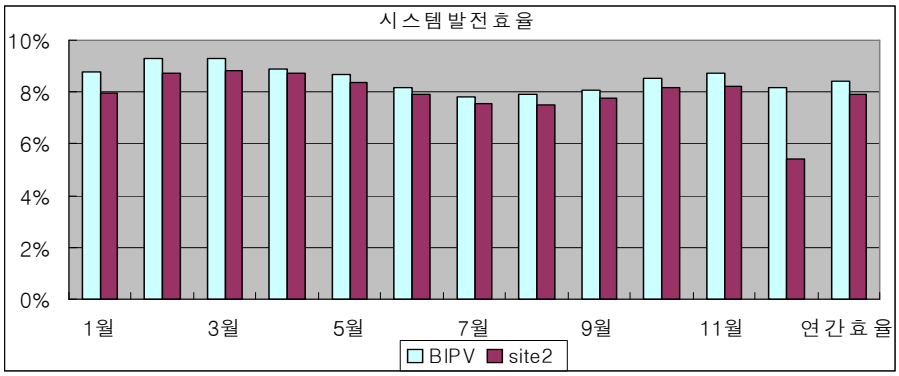


Fig. 21 Generating efficiency of PV system by months

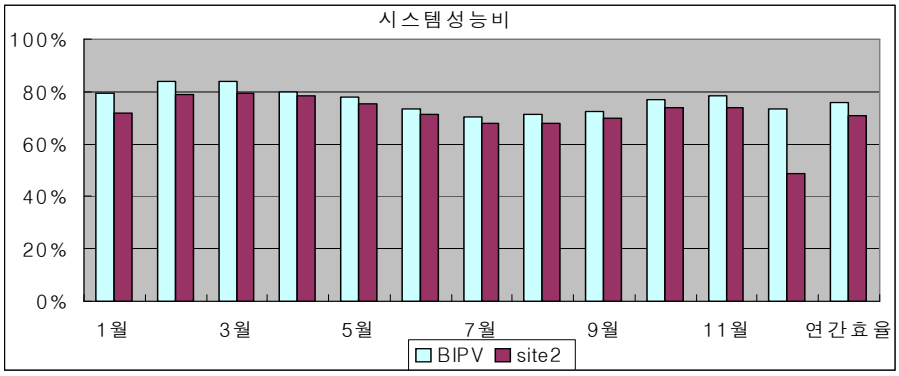


Fig. 22 Performance ratio by months

Table 4 Output and operating characteristics

		출력량	어레이 변환효율	인버터 효율	시스템 성능비	시스템 이용율	시스템 발전효율
일사량	수평면	1,041kWh/m^2	-	-	-	-	-
	경사면	1,297kWh/m^2					
BIPV	PV	3,103kWh	9.6%	87.6%	76.0%	10.5%	8.44%
	인버터	2,699kWh					
Site2	PV	2,852kWh	9.1%	86.8%	71.1%	9.7%	7.89%
	인버터	2,472kWh					

V. 결 론

본 논문에서는 3kW 건물일체형 PV시스템을 구성하여 구성요소 기기의 운전특성(태양전지 모듈, 인버터) 및 통합시스템의 운전특성(이용율, 발전효율, 손실요인) 등을 비교 분석하였으며 분석기간 동안 측정데이터의 오차를 최소화하여 태양광발전 시스템의 운전특성 분석결과에 대한 신뢰성, 정확성을 확보하기 위해서 기상조건 계측기기 및 센서들에 대한 보정을 통해 측정오차를 최소한 후 일반적인 PV시스템과 BIPV시스템의 운전특성을 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 2005년도 1년간의 발전성능을 분석한 결과 일반적인 PV시스템의 어레이 총 발전전력량은 2.9MWh, 인버터 총 발전전력량은 2.5MWh이고 연간 어레이 변환효율은 9.1%이며 인버터 효율은 86.8%로 안정적으로 운전함을 알 수 있었다. 연간 시스템 이용율은 9.7%이고 발전효율은 7.89%이며 시스템 성능비는 7.1.%임을 알 수 있었다.

2) PV어레이 총 발전전력량은 3.10MWh, 인버터 총 발전전력량은 2.70MWh이고 어레이 변환효율은 9%~11% 이며 인버터 효율은 85% ~ 90%에서 안정적으로 운전함을 알 수 있었다. 연간 시스템 이용율은 10.5%이며 발전효율은 8.44%이며 시스템 성능비는 76.0%임을 알 수 있었다.

3) 아직까지 우리나라에서 적용되고 있는 태양전지의 어레이 변환효율은 12%미만이고 인버터의 연간효율은 안정적이지만 80%대에 지나지 않으며 따라서 시스템 이용율은 11%미만이다.

앞으로도 지속적으로 기술진전의 시대에 적합하게 설비보완이 유지되어져야 할 것이라고 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] 태양기술개발실, "태양기술개발특집", NEDO NEWS, 1988.

[2] 兵川圭弘, "太陽光發展入門", オ - ム 社, 1981.

[3] 강인구, 김우열, "실리콘 태양전지의 현황과 전망", 전기학회지, Vol. 39, No.10, 1990.

[4] Tomas Markvart "Solar Electricity", October 2000, John Wiley & Sons, LTD

[5] Dr.F.Lasnier, Tony Gan Ang, "Solar Photovoltaic Handbook", Energy Technology Division Asian Institute of Technology, 1988.

[6] Fumio Harashima and seiji Kondo, "Optimal Power Flow Control of Photovoltaic Solar Energy System", Institude of Industrial Science, University of Tokyo, 7-22-1, Roppong, Minato-ku, Tokyo 106, JAPAN

[7] A. L. Fahrenbruch and R. H. Bube, "Fundamental of Solar Cells", Academic Press, New York, 1983.

[8] Kazuyoshi Tsukamoto, "Photovoltaic Power System Interconnected with Utility", Proceedings of the American Power Conference, pp.276~281,

[9] Masato Hoshino, Gunji Kimula, Mitsuo Shioya, "DC-DC Converter and Inverter for Photovoltaic Modules", IECON. pp. 569-574, 1988.

[10] J. A. Gow, C. D. Manning "Development of a photovoltaic array model for use in power-electronics simulation studies." IEE Proceddings on Electric Power Applications, vol. 146, no.2, pp.199-200,March 1999

[11] Victorio Arcidiacono, Sando Co rsi, Luciano Lambri, "Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Power Plants", IEEE. pp. 507-512, 1982.

[12] Geoff Walker "Evaluationg MPPT converter Topologies sing a Matlab PV Model", IEAust, Vol. 21, 2001, pp.49-56

[13] 유권종, 정영석, 최주엽 "새로운 고효율 MPPT 제어 알고리즘 고찰" 한국태양에너지학회 Vol. 22. 2002. No3. pp.11-20

[14] Gwonjong Yu, Jinsoo Song, "Development of Power Converter for Photovoltaic System", Japan-Korea Joint Seminar on TECHNICAL DIGEST PHOTOVOLTAICS, pp. 247~254, 1995.

[15] 강승욱외, "태양광 발전시스템을 위한 단상 PWM 전압형 인버터", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 443~449, 1995