

## Analysis of Power Pattern According to Irradiation for Photovoltaic Generation System

이 경 섭<sup>†</sup>  
(Kyung-Sup Lee)

**Abstract** - In this thesis, output voltage, current and power of solar module were classified by irradiation from data of overall operating characteristics collected for one year in order to manage efficient photovoltaic generation system and deliver maximum power. In addition, from these data, correlations between irradiation of photovoltaic cell and amount of power given by photovoltaic cell was quantitatively examined to deduce optimization of the design and construction of photovoltaic generation system. As I-V characteristics according to a temperature range of 10~50[°C], the area of I-V characteristics were increased with an increase in temperature. Since this area corresponds to the power, output power is thought to have increased with temperature. As output power characteristics according to a temperature range of 10~50[°C], output power was increased with an increase in temperature. Since output power increases with temperature increase, the result corresponds well to the related equation on temperature and output power. As I-V characteristics according to a irradiation range of 100~900 [W/m<sup>2</sup>], voltage and current were increased with an increase in irradiation. The result is thought of as an increase in output power with increasing irradiation. As output power characteristics according to a irradiation range of 100~900[W/m<sup>2</sup>], output power was increased with increasing irradiation. This result corresponds well to the related equation on irradiation and output power.

**Key Words** : Solar Module, Irradiation, Photovoltaic Generation System, I-V Characteristics

### 1. 서 론

최근 10년간 우리나라의 에너지 소비는 매년 10[%]라는 세계 최고의 증가율을 기록하고 있으며 온실가스배출량 증가율 역시 세계 1위를 기록하고 있다. 세계기후협약 이행이 늦추어지고는 있지만 머지않아 우리도 여기에 참여하지 않을 수 없는 형편이어서 대체에너지 개발의 필요성은 더욱 절실하게 요구되고 있는 실정이다.

대체에너지는 석탄, 석유, 원자력 및 천연가스가 아닌 태양에너지, 바이오매스, 풍력, 소수력, 연료전지, 석탄의 액화, 가스화, 해양에너지, 폐기물에너지 등으로 구분되고 있고 이외에도 지열, 수소, 석탄에 의한 물질을 혼합한 유동성 연료를 의미하며 넓은 의미로는 석유를 대체하는 에너지원으로 좁은 의미로는 신·재생에너지원으로 구분된다 [1], [2].

국내의 경우 태양광을 비롯한 신재생에너지의 보급을 촉진하기 위하여 산업자원부 산하 에너지관리공단 주도하에 태양광주택 100만호 보급사업 등을 통해 2006년에는 21[MW]가 설치되어 태양광발전 시스템 보급량에 있어 세계 5위를 차지하였다 [3]~[8]. 태양에너지는 공해가 없고 무진장한 1차 에너지 공급 기술이며 현재 인류가 가지고 있는 에너지자원과 지구환경 문제를 기본적으로 해결할 수 있는 유

일한 기술이다. 태양광발전은 햇빛을 받아 광전효과에 의해 전기를 발생시키는 태양전지를 이용한 기술로서 태양광 발전 시스템은 태양전지(solar cell)로 구성된 모듈과 축전지 및 전력변환장치로 구성된다 [9]~[12]. 태양광 발전 시스템은 옥외에 설치하여 운용되는 설비로서 동일한 태양광 모듈에 의한 발전전력을 측정하더라도 일사량 및 외기온도, 풍속 등 환경변화 요인에 의해 각각 다르게 나타나며 발전 전력량의 종합효율은 설치환경에 기인한 손실과 제어에 따른 손실 등 여러 가지 요인에 의하여 결정되며 다양한 태양광 모듈의 경우도 일사량과 온도가 변화하므로 전력패턴을 해석할 수 있는 모델링화는 비교적 어렵다고 판단된다 [13], [14].

따라서, 본 논문에서는 효율적인 태양전지 발전 시스템을 관리하고 최대전력을 전달하기 위하여 햇빛의 방향에 따라 또는 태양전지에 입사하는 일사량의 정도에 따라 많은 발전 전력에 차이가 있으므로 태양전지 발전의 경우 발전단가가 높고 효율이 낮기 때문에 일사량에 따른 전력을 측정하여 효율적인 발전에 필요한 조건을 알아 보기위해 1년간의 실 증운전을 통한 일사량과 전력발생량을 비교 분석하였고, 각각의 일사량에 따른 전력패턴을 분석하여 태양전지 발전에 필요한 일사량과 전력과의 상관관계를 연구하였다.

### 2. 이론적 배경

태양전지(solar cell)는 접합양단에 직접적인 전압공급 없이 pn접합 소자의 작용을 이용하는 것으로 빛에너지를 전기

<sup>†</sup> 교신저자, 시니어회원 : 동신대학교 공대 전기공학과 교수·공박  
E-mail: kslee@dsu.ac.kr

접수일자 : 2009년 11월 18일  
최종완료 : 2009년 11월 18일

에너지로 변환하여 부하에 전달하는 것이다.

접합양단에 광을 비추어 주면 바이어스 전압이 공급되지 않더라도 공간전하영역에 전계가 존재하게 된다. 이것은 입사광 조사가 공간전하영역에서 전자-정공쌍(electron-hole pair)이 생성되어 역 바이어스 방향으로 광전류  $I_L$ 이 흐르게 된다. 이 광전류가 저항성 부하양단에 순방향 전압강하를 만들어낸다. 순방향 전압은 순방향전류  $I_F$ 를 만든다. 따라서 역 바이어스 방향에서의 pn접합 전류  $I$ 는 식 (1)과 같이

$$I = I_L - I_F = I_L - I_S[\exp(\frac{eV}{kT}) - 1] \quad (1)$$

이 되며 이상적인 다이오드 방정식을 포함한 전류식이 된다. 다이오드가 순바이어스될 때 공간전하영역의 전계는 감소하지만 0으로 되거나 방향을 바꾸지는 않는다.

2가지 제한적인 경우로 첫째는  $V=0, R=0$ 의 단락회로 조건이며 전류를 단락회로 전류(short circuit current)라 하고 식 (2)와 같다.

$$I = I_{SC} = I_L \quad (2)$$

두번째는 개방회로(open circuit)조건으로  $R \rightarrow \infty$ 일 때 발생하고 순수 전류는 0이며 이 때 생성된 전압은 개방회로전압(open circuit voltage)이라 한다. 광전류는 순바이어스 접합전류와 균형을 이루게 되며 식 (3)과 같다.

$$I = 0 = I_L = I_L - I_S[\exp(\frac{eV_{oc}}{kT}) - 1] \quad (3)$$

여기서 개방회로전압  $V_{oc}$ 는 식 (4)과 같고

$$V_{oc} = \frac{kT}{e} \ln(1 + \frac{I_L}{I_S}) \quad (4)$$

부하에 전달된 전력  $P$ 는 식 (5)와 같이 되며

$$P = I \cdot V = I_L \cdot V - I_S[\exp(\frac{eV}{kT}) - 1] \cdot V \quad (5)$$

부하에 전달되는 최대값을 알기 위해서는 그 도함수  $dP/dV=0$ 으로 놓으면 되므로 식 (5)를 이용하여 식 (6)과 같다.

$$\frac{dP}{dV} = 0 = I_L - I_S[\exp(\frac{eV_{max}}{kT}) - 1] - I_S V_{max} \exp(\frac{eV_{max}}{kT}) \exp(\frac{eV_{max}}{kT}) \quad (6)$$

$V_{max}$ 는 최대전력을 만들어내는 전압이며 식 (6)을 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$(1 + \frac{eV_{max}}{kT}) \exp(\frac{eV_{max}}{kT}) = 1 + \frac{I_L}{I_S} \quad (7)$$

$V_{oc}$  (open circuit voltage)는 개방 전압으로 태양전지에서 이용 가능한 최대전압으로 전류가 흐르지 않는 상태에서 측정된 전압이며 광 조사에 의해 pn 접합에서 발생하는 순방향 전압이다.  $I_{sc}$  (short circuit current)는 단락 전류이며 태양전지의 양단을 short 하게 한 상태로 short한 전류를 표시한다. 태양전지에서 얻을 수 있는 최대전류이다. P(power point)는 동작점이며, 태양전지부터 출력을 꺼내기 위해서 설정된 전압에 대해 발생하는 전류가 정해지고 이때의 전압, 전류의 점을 동작점이라고 한다.  $P_m$ (maximum power point)는 태양전지의 최대 출력점이며 태양전지의 출력은  $I_{op}$ 와  $V_{op}$ 와 원점을 잇는 면적에 나타내어진다. 즉, 태양전지를 효율적으로 사용하기 위하여 그레이 부분의 면적을 최대로 하는  $I_{op}$ 와  $V_{op}$ 를 설정할 필요가 있다. 태양전지의 출력이 최고가 되는 동작점을 최적 동작점(이 때의 출력을 최대 출력:  $P_{max}$ , 전압을 최적 동작 전압, 전류를 최적 동작 전류) 라고 하고 전력형태는 DC 전력으로 전압증가에 따라 태양전지 출력전력은 증가하며 최대값에 도달한 후 다시 감소한다.

태양전지의 단락회로전류는 광 응집력(light concentration)에 비례하여 증가하지만, 개방회로 전압은 근소한 크기로 증가한다. 온도와 출력전력과의 관계를 정리하면 식 (8)과 같다.

$$P_m(t) = P_m \times Q \times [1 + \alpha(T - 25)] \quad (8)$$

여기서,  $P_m(t)$ 는 동작조건에서의 최대출력,  $P_m$ 은 정격출력(온도 25[°C], 일사강도 1[kW/m<sup>2</sup>]),  $Q$ 는 동작조건에서의 일사강도[kW/m<sup>2</sup>],  $t$ 는 동작조건에서의 태양전지 표면온도[°C],  $\alpha$ 는 온도계수 -0.005/°C이다.

### 3. 실험

#### 3.1 실험장치

태양전지 모듈은 수평면 기준으로 정남향 방향으로 45[°] 기울어져 설치되었으며 모니터링 결과는 1년을 기준으로 분석하였다. 실험장치가 구성된 태양광발전 어레이 출력 800[W], 인버터출력 1[kW] 태양광 발전설비에 대해 1년간의 Data를 전력량 측정기로 추계, 하절기, 동절기별로 가장 일사량이 많은 달을 선정하여 특정일 외기 온도 변화에 따른 PV (photovoltaic) 어레이의 출력값( $V_{dc}$ ,  $I_{dc}$ )을 15분 단위로 측정된 결과를 분석하였다.

#### 3.2 실험방법

태양전지의 구성 기준은 표 1과 같다. 일사량센서의 민감성은 약 9 [ $\mu V/Wm^{-2}$ ]이며 임피던스는 약 650[Ω], 온도 의존성은  $\pm 1\%$  이상의 외기온도이며 반응 시간은 1초이며 온도 범위는 -20~+40[°C]이고  $\pm 3\%$  70-80[°] 천정 각도로 구성하였다. 밀도는  $\pm 1\%$ ,  $\pm 0.4$  [°C]이며 온도 범위는 -20~+80[°C]이고 측정 시간은 20초이다. 송신기의 종류는 Pt 100 급A이며 하우징은 ABS이고 크기는 100 x 83 x 42 mm이다. 보호는 IP65이고 케이블 그룹은 7[mm]의 직경이다. 출력은 4-20[mA]이고 전력 공급은 24 [Vac/dc]  $\pm 10\%$ 이며 동작 온도는 -10 +50[°C]이고 무게는 145[g]이다.

계측 화면은 각 감시 요소별 아날로그 값을 막대 그래프와

표 1 태양전지의 구성

Table 1 Configuration of solar cell

설비구분	형식	기술규격	비고
태양전지	종류	단결정 실리콘 태양 전지 4조	
	모듈 효율	16% 이상	
	설비 용량	고정식 800[W]	
	모듈 최대출력	210W급 이상	
인버터	형식	내부거치	강제 풍냉식
	출력 용량	1000[W]	
	입력 전압	12[V] 또는 24[V]	
	출력	순수 정현파	
접속반 (DC, AC 접속반 포함)	형식	육내 콘트롤 박스	블록킹다이오드, 퓨즈 브레커, 센서4대, TD 등 자체 일체포함
	설비용량	2 [kVA]	
	식	1식 분리형	
발전설비 원격감시 및 운전상태 감시장치	운영체계	Window NT Base	
	중앙처리장치	펜티엄 4급	산업용 PC(1대)
	원격통신방식	LAN	
	설치 개소	1개소	
	감시 모니터	1대	21" LCD
	소프트웨어		개별모니터링

디지털 값으로 분리 표시하여 나타내었으며 주요 계측 요소는 태양전지 출력전지 출력 (직류전류, 전압, 전류), 인버터 출력 (단상 전압, 전류, 유효전력, 전력량, 역률, 주파수) 그리고 기후 조건(외기온도, 태양전지 표면온도, 일사량 및 풍향 풍속)이다. 그래프 감시(일보1)는 일 단위별로 경사면 일사량, 태양전지 발전전력 그리고 부하 전력소비량을 표시할 수 있도록 1일 24시간 그래프로 출력토록 소프트웨어를 개발하여 적용되었다. 이때 그래프 우측 상단에 일사량 적산치, 최대치, 발전 적산치, 최대치 및 부하량 최대치, 적산치를 표시할 수 있도록 되었다. 일일 발전 현황(일보2)으로 일일 시간대별 기상현황(경사면 일사량, 수평면 일사량, 외기온도, 태양전지 표면온도), 태양전지 발전 현황, 부하 현황 등을 표시할 수 있도록 소프트웨어를 구성하였으며 월간 발전 현황(월보1)으로 월간 일자별 기상현황(경사면 일사량, 수평면 일사량, 평균 외기온도), 태양전지 발전전력, 부하 소비전력 등을 표시할 수 있도록 하였다.

3.3 인버터

태양광 발전설비의 출력 및 상태를 감시하여 항상 최적의 상태로 동작되도록 하며 기동은 태양전지의 개방 전압을 감시하여 설정치를 넘으면 자동적으로 기동하며 정지는 태양전지의 출력 전류를 감시하여 설정치 이하가 되면 자동적으로 운전을 정지하도록 설계하였다.

Soft-start는 부하의 기기 또는 제품의 장치가 전원스위치

ON 상태에서 전원을 공급해야 할 경우가 있으므로 돌입전류를 방지하기 위하여 2~20초의 대기시간 기능을 갖도록 하며 최대출력점 추적제어(Maxim Power Point Tracking)는 태양전지의 출력특성은 온도, 습도 등에 따라 변동하므로 태양전지로부터 외부 변화 요인에 따라 최대출력을 낼수 있도록 최대출력점 추종제어를 하도록 하였다.

출력과전압 검출회로(Output Over Volatge, O.O.V)는 인버터 제어회로 이상으로 출력전압이 상승될 경우 기기 또는 제품의 손상을 방지하기 위하여 출력전압이 ± 10 %를 벗어나면 정지되는 기능을 갖추도록 하였다.

출력 과전류 검출회로(Output Over Current, O.O.C)는 과부하시 또는 선로의 단락시에 전류제한 모드에 의해 주어진 시간동안 동작하여야 하며, 순간단락이나 급격한 부하변동에 의한 출력과 전류변동현상이 수초이상 계속되면 인버터는 정지해야하며 주어진 시간내에 과전류 모드가 해제 되면 인버터는 정상적인 모드에서 운전되는 기능을 갖추도록 하였고 과열검출 및 정지 (Over Temp.)는 전력소자에서 발생한 열에 의한 기기손상을 방지하기 위하여 일정한 온도 이상 운전시 thermal relay 동작에 의하여 인버터를 정지하도록 해야 하며 단독운전 방지 (Islanding)는 한전 배전선로의 단락 또는 인버터 고장시 운전을 중단하고 계통 및 부하를 분리하도록 하였고, 트립후 재기동은 계통 이상에 따라 발전설비 운전중단 상태에서 계통정상화 될 경우 일정시간 경과 후 발전설비가 정상 가동되도록 설계하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 일사량에 따른 전압-전류 특성

그림 1은 100~900 [W/m<sup>2</sup>]의 범위에서 일사량 변화에 따른 전압-전류특성을 나타낸 결과로서 그림 1 (a)은 100[W/m<sup>2</sup>]에서 전압-전류특성으로서 모듈온도가 0~25 [°C]로 증가함에 따라 전압은 240[V]에서 295[V]까지 증가하고 전류는 0.2~0.4[A]까지 거의 일정하게 나타남을 알 수 있다.

그림 1 (b)은 200[W/m<sup>2</sup>]에서 전압-전류특성으로서 모듈 온도가 6~28 [°C]로 증가함에 따라 전압은 252[V]에서 299[V]까지 증가하고 전류는 0.5~0.7[A]까지 그림 1 (a)과 비교하여 다소 증가한 것을 알 수 있다.

그림 1 (c)은 300[W/m<sup>2</sup>]에서 전압-전류특성으로서 모듈 온도가 6~33 [°C]로 증가함에 따라 전압은 264[V]에서 291[V]까지 증가하고 전류는 0.8~0.9[A]까지 그림 1 (b)과 비교하여 다소 증가한 것을 알 수 있다.

그림 1 (d)은 400[W/m<sup>2</sup>]에서 전압-전류특성으로서 모듈 온도가 11~40 [°C]로 증가함에 따라 전압은 263[V]에서 296[V]까지 증가하고 전류는 1.0~1.5[A]까지 그림 1 (c)과 비교하여 증가한 것을 알 수 있으며 그림 1 (a)~(c)의 결과와 비교하였을 때 전압-전류 특성의 면적이 증가하였음을 볼 수 있는데 이 면적은 전력에 해당하는 것이므로 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가함을 알 수 있다.

그림 1 (e)은 500[W/m<sup>2</sup>]에서 전압-전류특성으로서 모듈 온도가 11~40 [°C]로 증가함에 따라 전압은 257[V]에서 292[V]까지 증가하고 전류는 1.5~1.7[A]까지 그림 1 (d)과 비교하여 증가한 것을 알 수 있고 이는 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가함을 알 수 있다.

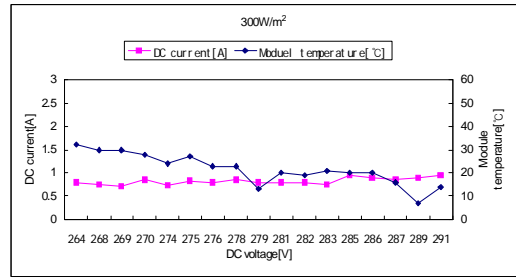
그림 1 (f)은 600[W/m<sup>2</sup>]에서 전압-전류특성으로서 모듈 온도가 17~42 [°C]로 증가함에 따라 전압은 252[V]에서 291[V]까지 증가하고 전류는 1.7~1.9[A]까지 그림 1 (e)과 비교하여 전류가 안정되어 있으며 전압-전류 특성의 면적이 증가하였음을 볼 수 있는데 이 면적은 전력에 해당하는 것이므로 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가한 것으로 생각된다.

그림 1 (g)은 700[W/m<sup>2</sup>]에서 전압-전류특성으로서 모듈 온도가 20~50 [°C]로 증가함에 따라 전압은 250[V]에서 284[V]까지 증가하고 전류는 2.1~2.4[A]까지 함께 증가하고 있음을 볼 수 있고 그림 1 (f)의 결과와 비교하였을 전압-전류 특성의 면적이 증가하였음을 볼 수 있는데 이 면적은 전력에 해당하는 것이므로 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가한 것으로 생각된다.

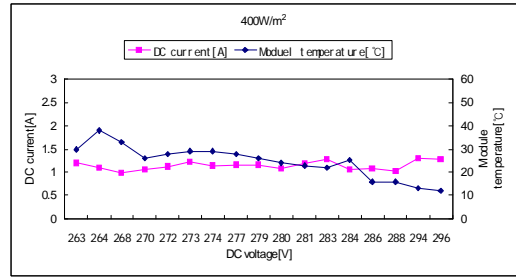
그림 1 (h)은 800[W/m<sup>2</sup>]에서 전압-전류특성으로서 모듈 온도가 27~45 [°C]로 증가함에 따라 전압은 242[V]에서 277[V]까지 증가하였으며 전류는 2.4~2.6[A]까지 증가하고 있음을 볼 수 있고 그림 1 (g)의 결과와 비교하였을 때 전류가 안정되어 있으며 전압-전류 특성의 면적이 증가하였음을 볼 수 있는데 이 면적은 전력에 해당하는 것이므로 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가한 것으로 생각된다.

그림 1 (i)은 900[W/m<sup>2</sup>]에서 전압-전류특성으로서 모듈 온도가 24~58 [°C]로 증가함에 따라 전압은 240[V]에서 277[V]까지 증가하였으며 전류는 2.6~2.8[A]까지 함께 증가하고 있음을 볼 수 있으며 그림 1 (h)의 결과와 비교하였을 때 전류가 안정되어 있고 전압-전류 특성의 면적이 증가하였음을 볼 수 있는데 이 면적은 전력에 해당하는 것이므로 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가한 것으로 생각된다.

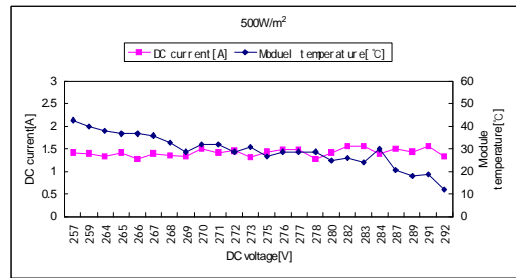
이상의 결과로부터 일사량이 증가함에 따라 출력전력이 증가하는 경향을 나타내었고 일사량과 관련한 출력전력과 관계식 (8)과 비교하였을 때 일사량이 증가함에 따라 출력이 증가하는 결과는 이 식과도 일치하는 결과이다.



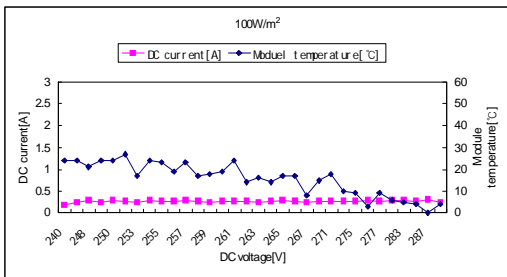
(c) 300[W/m<sup>2</sup>]



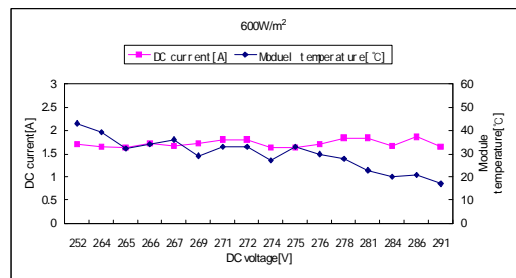
(d) 400[W/m<sup>2</sup>]



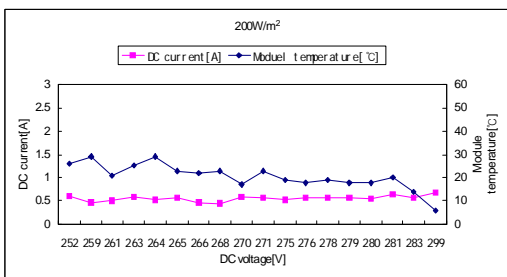
(e) 500[W/m<sup>2</sup>]



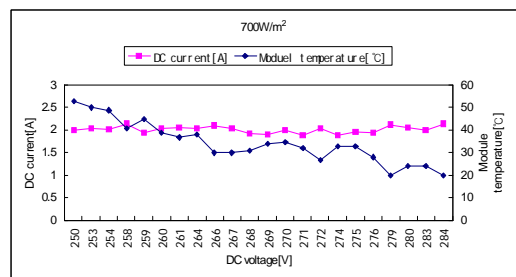
(a) 100[W/m<sup>2</sup>]



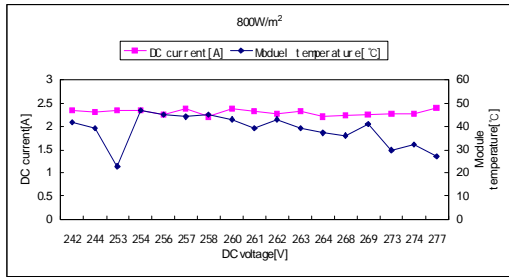
(f) 600[W/m<sup>2</sup>]



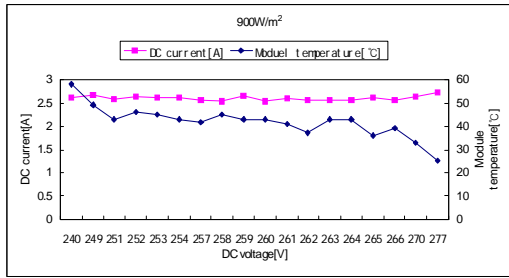
(b) 200[W/m<sup>2</sup>]



(g) 700[W/m<sup>2</sup>]



(h) 800[W/m<sup>2</sup>]



(i) 900[W/m<sup>2</sup>]

그림 1 일사량에 따른 전압-전류특성

Fig. 1 I-V characteristics according to irradiation

4.2 일사량에 따른 출력전력 특성

그림 2는 100~900 [W/m<sup>2</sup>]의 범위에서 온도 변화에 따른 출력전력을 나타낸 결과이고 그림 2 (a)는 100 [W/m<sup>2</sup>]에서 출력전력특성으로서 모듈온도가 0~25 [°C]로 증가함에 따라 전압은 240[V]에서 295[V]까지 증가하고 출력전력은 0~90[W]까지 증가함을 알 수 있다.

그림 2 (b)는 200[W/m<sup>2</sup>]에서 출력전력특성으로서 모듈온도가 6~28 [°C]로 증가함에 따라 전압은 252[V]에서 299[V]까지 증가하고 출력전력은 70~180[W]까지 그림 2 (a)와 비교하여 90[W] 정도 증가한 것을 알 수 있다.

그림 2 (c)는 300[W/m<sup>2</sup>]에서 출력전력특성으로서 모듈온도가 12~33 [°C]로 증가함에 따라 전압은 264[V]에서 291[V]까지 증가하고 출력전력은 210~280[W]까지 그림 2 (b)와 비교하여 100[W] 정도 증가한 것을 알 수 있다.

그림 2 (d)는 400[W/m<sup>2</sup>]에서 출력전력특성으로서 모듈온도가 11~40 [°C]로 증가함에 따라 전압은 263[V]에서 296[V]까지 증가하고 출력전력은 280~400[W]까지 그림 2 (c)와 비교하여 증가한 것을 알 수 있으며 그림 2 (a)~(c)의 결과와 비교하였을 때 출력전력은 증가하였음을 볼 수 있는데 이는 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가함을 알 수 있다.

그림 2 (e)는 500[W/m<sup>2</sup>]에서 출력전력특성으로서 모듈온도가 11~44 [°C]로 증가함에 따라 전압은 257[V]에서 292[V]까지 증가하고 출력전력은 380~440[W]까지 그림 2 (d)와 비교하여 증가한 것을 알 수 있고 이는 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가함을 알 수 있다.

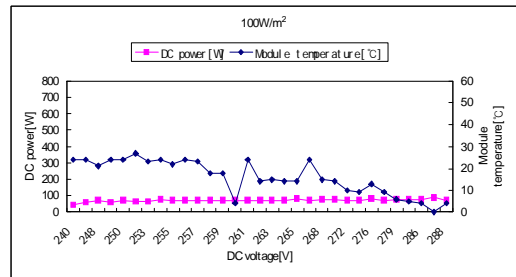
그림 2 (f)는 600[W/m<sup>2</sup>]에서 출력전력특성으로서 모듈온도가 17~42 [°C]로 증가함에 따라 전압은 252[V]에서 291[V]까지 증가하고 출력전력은 410~520[W]까지 그림 2 (e)와 비교하여 출력전력이 안정되어 있으며 출력전력특성이 증가하였음을 볼 수 있는데 이는 일사량이 증가함에 따라

라 출력 전력이 증가한 것으로 생각된다.

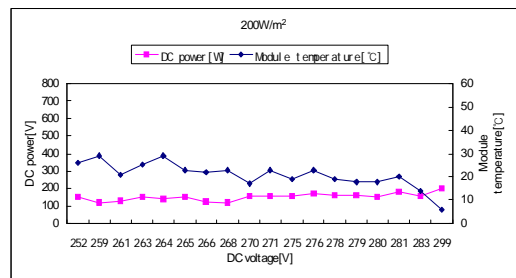
그림 2 (g)는 700[W/m<sup>2</sup>]에서 출력전력특성으로서 모듈온도가 20~50 [°C]로 증가함에 따라 전압은 250[V]에서 284[V]까지 증가하고 출력전력은 500~620[W]까지 함께 증가하고 있음을 볼 수 있고 그림 2 (f)의 결과와 비교하였을 때 출력전력 값이 증가하였음을 볼 수 있는데 이는 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가한 것으로 생각된다.

그림 2 (h)는 800[W/m<sup>2</sup>]에서 출력전력특성으로서 모듈온도가 27~45 [°C]로 증가함에 따라 전압은 242[V]에서 277[V]까지 증가하였으며 출력전력은 570~680[W]까지 증가하고 있음을 볼 수 있고 그림 2 (g)의 결과와 비교하였을 때 출력전력이 안정되어 있으며 출력전력이 증가하였음을 볼 수 있는데 이는 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가한 것으로 생각된다.

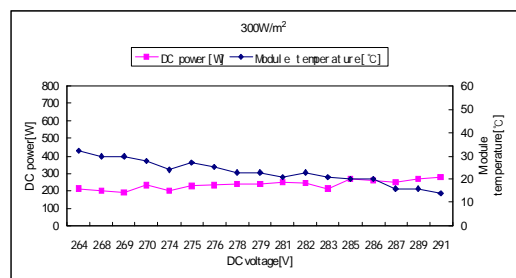
그림 2 (i)는 900[W/m<sup>2</sup>]에서 출력전력특성으로서 모듈온도가 24~58 [°C]로 증가함에 따라 전압은 240[V]에서 277[V]까지 증가하였으며 출력전력은 620~770[W]까지 함께 증가하고 있음을 볼 수 있으며 그림 2 (h)의 결과와 비교하였을 때 출력전력이 안정되어 있으며, 출력전력이 증가하였음을 볼 수 있는데 이 결과는 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가한 것으로 생각된다.



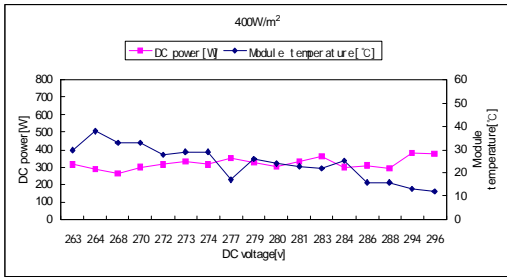
(a) 100[W/m<sup>2</sup>]



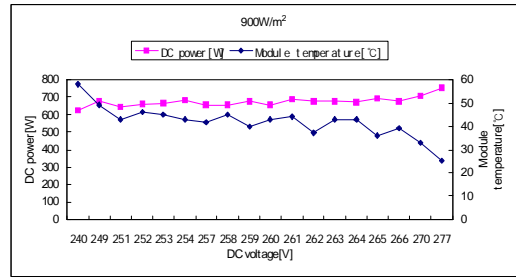
(b) 200[W/m<sup>2</sup>]



(c) 300[W/m<sup>2</sup>]



(d) 400[W/m<sup>2</sup>]

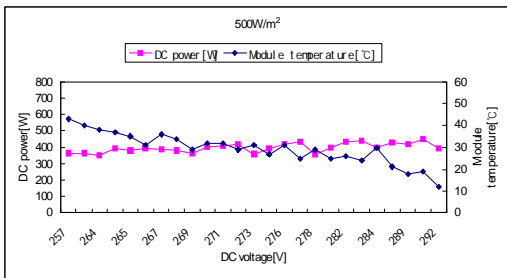


(i) 900[W/m<sup>2</sup>]

그림 2 일사량에 따른 출력전력특성

Fig. 2 Output power characteristics according to irradiation

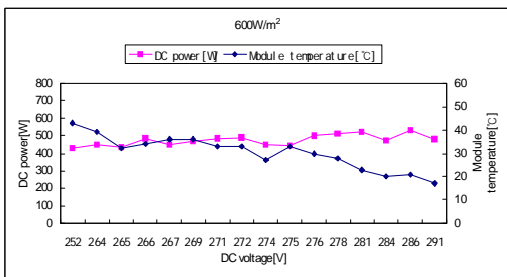
이상의 결과로부터 일사량이 증가함에 따라 출력전력이 증가하는 경향을 나타내었으며 일사량과 관련한 출력전력과 관련식 (8)과 비교하였을 때 일사량이 증가함에 따라 출력이 증가하는 결과는 이 식과도 일치하는 결과이다.



(e) 500[W/m<sup>2</sup>]

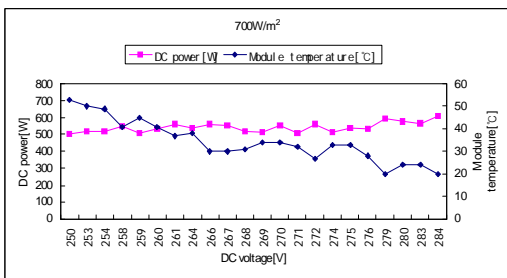
### 5. 결 론

본 논문에서는 효율적인 태양전지 발전 시스템을 관리하고 최대전력을 전달하기 위하여 태양전지에 입사하는 일사량의 정도에 따라 많은 발전 전력이 차이가 있으므로 태양전지 발전의 경우 발전단가가 높고 효율이 낮기 때문에 일사량에 따른 전력을 측정하여 효율적인 발전에 필요한 조건을 알아 보기위해 1년간의 실증운전을 통한 일사량과 전력 발생량을 비교·분석하였고, 각각의 일사량에 따른 전력패턴을 분석하여 태양전지 발전에 필요한 일사량과 전력과의 상관관계를 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.



(f) 600[W/m<sup>2</sup>]

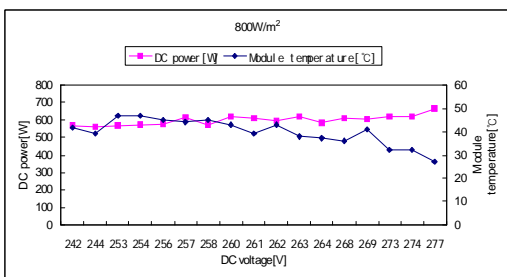
1. 100~900[W/m<sup>2</sup>] 범위의 일사량에 따른 전압-전류특성부터 일사량이 증가함에 따라 전압, 전류가 증가하였는데 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가한 것으로 생각된다.
2. 100~900[W/m<sup>2</sup>] 범위의 일사량에 따른 출력전력특성으로부터 일사량이 증가함에 따라서 출력전력이 증가하는 결과를 볼 수 있는데 이 결과는 일사량이 증가함에 따라 출력 전력이 증가하는 것으로서 일사량과 출력전력과 관련식과도 잘 일치하는 결과이다.



(g) 700[W/m<sup>2</sup>]

### 감사의 글

이 논문은 동신대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음



(h) 800[W/m<sup>2</sup>]

### 참 고 문 헌

[1] 이순형, “태양광 발전 시스템의 계측과 설비”, 기다리사, pp. 3~4 (2008).  
 [2] 하백현, “에너지공학 개론 자원 및 응용”, 청문각사, pp. 137~138 (2004).  
 [3] C. Carrillo, A. E. Feijoo, J. Cidras, J. Gonzalez, “Power fluctuations in an isolated wind plant”, IEEE

- Trans. Energy Conversion, Vol.19, pp.217-221 (2004).
- [4] C. J. Barbe, F. Arendse, P. Comte, M. Jirousek, F. Lenzmann, V. Shklover, M. Gratzel, J. Am. Chem. Soc. Vol.80, pp.3157-3171 (1997).
- [5] Martin A. Green, "Solar Cells Operating Principles, Technology, and System Application", Prentice-Hall, Inc., pp.79-101 (1982).
- [6] Mring L. Deblasio R. Tomco T, "An advanced PV System simulator to Demonstrate the Performance of Advanced PV cells and devices", Proceeding of 16th IEEE PV Specialists Conference, pp.199-204, (1982).
- [7] G. H. Kang, G. J. Yu, H. G. Ahn and D. Y. Han, "Consideration of Electrical Properties in Field-aged Photovoltaic Module", KIEEME, Vol.17, No.12, p.1289 (2004).
- [8] A. Rowe, X. Li, "Mathematical modelling of proton exchange membrane fuel cells", J. of Power Sources, Vol.102, pp.82-96 (2001).
- [9] Man Gu Kang et al., Solar Energy materials and Solar Cells, Vol.90, pp.574-581 (2006).
- [10] G. K. Kiema, M. J. Colgan and M. J. Brett, Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol.85, pp.321-331 (2005).
- [11] X. Fang, T. Ma, G. Guan, M. Akiyama, T. Kida and E. Abe, J. of Electroanalytical Chem., Vol.570, pp.257-263 (2004).
- [12] J. N. Hart, R. Cervini, Y. B. Cheng, G. P. Simon and L. Spiccia, Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol.84, pp.135-143 (2004).
- [13] 소정훈, 유병규, 황혜미, 유권중, 최주엽, "PV모듈 모델링에 의한 성능모의 결과비교", 전기학회논문지, Vol.57, pp.1988-1993 (2008).
- [14] 김윤성, 문대성, 원동준, "출력변동 저감 및 출력범위 예측 향상을 위한 풍력-연료전지 하이브리드 시스템의 운영방법", 전기학회논문지, Vol.58, pp.531-538 (2008).

## 저 자 소 개



### 이 경 섭 (李 景 燮)

1956년 11월 09일생. 1983년 조선대학교 전기공학과 졸업(학사). 1986 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1988년~현재 동신대학교 전기공학과 교수. 1994년~1995년 동경공업대학 객원연구원. 2006년~현재 전력산업인력양성사업단 단장.

Tel : 061-330-3203

Fax : 061-330-3105

E-mail : kslee@dsu.ac.kr