[UCI]I804:24011-200000236687

2008년 8월
교육학석사(기술 · 가정교육)학위논문

태양전지의 환경요소변화에 따른 출력특성

조선대학교 교육대학원

기술 · 가정교육전공

박 선 희

태양전지의 환경요소변화에 따른 출력특성

Output Power Characteristics of Solar Cell by Change for Environmental Effects

2008年 8月 日

조선대학교 교육대학원

기술·가정교육전공

박 선 희

태양전지의 환경요소변화에 따른 출력특성

지도교수　조 금 배

이 논문을 교육학석사(기술 · 가정교육)학위
청구논문으로 제출함.

2008年　04月　日

조선대학교 교육대학원

기술·가정교육전공

박　선　희

박선희의 교육학 석사학위 논문을
인준함.

심사위원장 조선대학교 교수 _____인

심사위원 조선대학교 교수 _____인

심사위원 조선대학교 교수 _____인

2008年 06月 日

조선대학교 교육대학원

목 차

ABSTRACT

I. 서 론 ····· 1

II. 이론적 고찰 ····· 2

A. 태양전지의 원리 ····· 2

1. 태양전지의 발전원리 및 구조 ····· 2

2. 태양전지의 특성 ····· 4

3. 태양전지의 동작특성 ····· 10

B. 태양광발전시스템 ····· 15

1. 태양전지 어레이 구성 ····· 17

2. 태양전지 어레이 지지대 ····· 21

3. 접속함 ····· 22

4. 인버터 ····· 25

III. 시뮬레이션 ····· 28

A. 태양전지 모듈 ····· 28

B. 태양광발전시스템 ····· 32

1. 태양전지 어레이 ····· 32

2. 경사각 ····· 33

3. 그림자 영향 ····· 36

IV. 결 론 ····· 38

참 고 문 헌

Tables

Table 1 Comparition of structure lifetime ····· 21

Table 2 Parameter of PV module ····· 28

Table 3 Simulation Results ····· 29

Table 4 PV generation value at the tilt angle ····· 35

Figures

Fig. 1 The basic principle of photovoltaic ····· 3

Fig. 2 The photovoltaic effect in P-N junction ····· 3

Fig. 3 The equivalent circuit of PV cell ····· 4

Fig. 4 The voltage and current curve of PV cell ····· 6

Fig. 5 Effect of series resistance on I-V curve ····· 9

Fig. 6 Effect of shunt resistance on I-V curve ····· 9

Fig. 7 I-V curve for cells in parallel ····· 12

Fig. 8 I-V curve for cells in parallel ····· 12

Fig. 9 I-V curve for cells in series ····· 13

Fig. 10 Operating characteristics of cells in series ····· 14

Fig. 11 Block diagram of grid connected PV system ····· 16

Fig. 12 PV system of grid connected ····· 16

Fig. 13 String configuration ····· 18

Fig. 14 PV plants design inverter position with string interval ·· 18

Fig. 15 Distance length of PV array ····· 19

Fig. 16 Circuit diagram of junction box ····· 22

Fig. 17 Bypass diode configuration ····· 23

Fig. 18 Inverter circuit of current controlled method ····· 26

Fig. 19 Vector diagram of voltage and current ····· 27

Fig. 20 Maximum power point control ····· 27

Fig. 21 I-V characteristics curve of PV module ····· 29

Fig. 22 I-V characteristics curve at difference irradiation ····· 30

Fig. 23 Output power characteristics curve according
to variation irradiation ····· 30

Fig. 24 I-V characteristics curve according
to variation temperature ····· 31

Fig. 25 Output power characteristics curve according
to variation temperature ····· 31

Fig. 26 10kW PV system simulation ····· 32

Fig. 27 A monthly PV generation value at the tilt angle ····· 34

Fig. 28 A yearly PV generation value at the tilt angle ····· 35

Fig. 29 Shadow effect with array distance ····· 37

Fig. 30 PV output characteristic by shadow ····· 37

ABSTRACT

Output Power Characteristics of Solar Cell by Change for Environmental Effects

Seon-Hee Park

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

Major in Technology and Home-Economics Education,

Graduate School of Education, Chosun University

The research for a substitute for fossil energy sources and the worldwide improving environmental awareness have increased the interest in PV system as inexhaustible, environmentally friendly energy technology.

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.

Photovoltaic power systems convert sunlight directly into electricity. A residential PV power system enables a homeowner to generate some or all of their daily electrical energy demand on their own roof, exchanging daytime excess power for future energy needs.

While compare preexisted generation of electric power method

with PV system, PV system is more expensive, lower solar energy density, convert efficiency and depend on the weather and natural environment.

This paper presents the performance a solar generation simulator while integrating research results. This solar generation simulator different with the existing one, allows the experiment of everyday generation capacity according to the variation of solar radiation amount and the acquisition of characteristics according to the variation of installation angle. It is expected that this solar generation simulator could be used of the 10kW photovoltaic generation system, which largely varies with a installation place and the application products.

I. 서 론

인류의 경제활동과 에너지 소비활동은 밀접한 관계에 있는 것으로서 일정한 경제성장을 하기 위해서는 에너지 소비가 필수적이다. 현재 1차 에너지의 대부분은 석탄과 석유와 같은 화석에너지에 의존하고 있기 때문에 화석연료의 연소 등에 의하여 발생하는 환경오염 및 에너지 자원의 한계성으로 인하여 신재생에너지 개발이 세계적으로 큰 관심의 초점이 되고 있다. 그 중 각광받고 있는 태양광발전(PV : Photovoltaics)은 기존의 화력발전방식과는 달리 자연의 태양빛을 이용해 전력을 발생시키므로 이산화탄소 배출과 같은 대기오염이 없을 뿐만 아니라 현지에서 생산이 가능하므로 에너지의 수송에 의한 손실이 적고 유지보수가 거의 필요 없으며 설치가 쉽다는 것이 큰 장점이다. 하지만 구름, 비, 눈과 같이 흐리거나 어두운 밤의 경우 발전을 할 수 없고 에너지 변환효율이 낮아 설치용량에 비해 큰 면적이 필요하며 또한 발전단가가 높은 단점이 있다.

근년에 이르러 전력용 반도체 등의 발전으로 태양전지 및 모듈의 배열기술의 진보가 급속히 이루어지고 태양전지 가격의 저가화가 실현되면서 태양광발전 산업분야의 규모는 매년 30% 이상의 증가율을 보이고 있다.

총 소비에너지의 97%를 수입하고 있는 국내에서도 신·재생에너지에 대한 대책을 수립 추진 중에 있으며 세계 기후협약에 대응하기 위하여 2012년 까지 3kW 태양광주택 10만호 보급사업 계획을 수립하여 추진하고 있다.[1,2]

태양광발전시스템은 구름, 비, 눈 등 기상조건과 주위환경의 영향을 크게 받으며 시스템의 효율도 현저히 저하된다. 따라서 본 논문에서는 시뮬레이터를 이용하여 기상조건 및 주위환경에 따른 태양전지 모듈의 출력특성 및 시스템의 출력특성에 대하여 분석함으로서 태양광발전시스템의 최적화를 도모하고자 한다.

II. 이론적 고찰

A. 태양전지의 원리

1. 태양전지의 발전원리 및 구조

태양전지는 화학반응을 이용한 화학 전지와 다른 반도체를 이용한 고체 물리전지이며, 광기전력 효과(Photovoltaic Effect)를 이용하여 직접 전기에너지로 변환시키는 반도체 소자로써 태양전지 구조는 단결정 규소 태양전지의 경우 Si에 5가 원소(P, As, Sb) 등을 침투시켜 만든 N형 반도체와 3가 원소(B, Ga) 등을 침투시켜 만든 P형 반도체로 이루어진 P-N 접합 구조로 되어 있다.

P형 반도체와 N형 반도체가 하나의 단결정으로 접합되면 불순물의 농도차에 의해서 N형 반도체가 P형 반도체로 확산해 가고 정공은 P형에서 N형으로 확산됨에 따라 P형 반도체의 전도대 내부에 있는 전자에너지 레벨인 페르미준위는 N형 반도체보다 높아지고 N형 반도체의 가전자대 내부에 있는 정공이 갖는 에너지는 P형 반도체보다 높아지게 되어 내부에 전위차가 발생한다.

그림 1과 같이 P-N접합 반도체에 태양광이 입사되면 가전자대의 전자는 광에너지를 흡수하여 전도대에 유기되어 자유전자로 되고 전자가 여기된 후의 가전자대에는 정공이 생겨 전자는 N형 반도체에 정공은 P형 반도체로 이동하여 N층과 P층을 각각 음극과 양극으로 대전시키는 광기전력 효과에 의해 기전력을 발생한다.[3,4]

광기전력 효과란 금지대영역이 Eg인 P-N접합에 빛을 조사시킬 때 Eg보다 큰 에너지를 가진 입사광자에 의해서 전자 정공쌍이 생성되어 접합 양단에 광기전력이 발생하는 현상이다.

그림 2(a)에서 외부회로를 단락하면 입사광량에 비례한 광전류가 외부

회로에 흐르게 되는데 이때 이 전류를 단락전류(Short-circuit Current, I_{SC})라 한다. 또한 그림 2(b)에서와 같이 P-N 접합의 양단을 개방하면 전자와 정공이 각각 N, P 층으로 유입됨으로서 N 층의 페르미 레벨이 P 층의 페르미 레벨에 비해 약간 올라가 양쪽의 페르미 준위에는 V_{OC} 만큼의 전압차가 생긴다. 이 값은 외부로부터 관측될 수 있으며 이를 개방전압(Open-circuit voltage, V_{OC})이라 한다.[5,6]

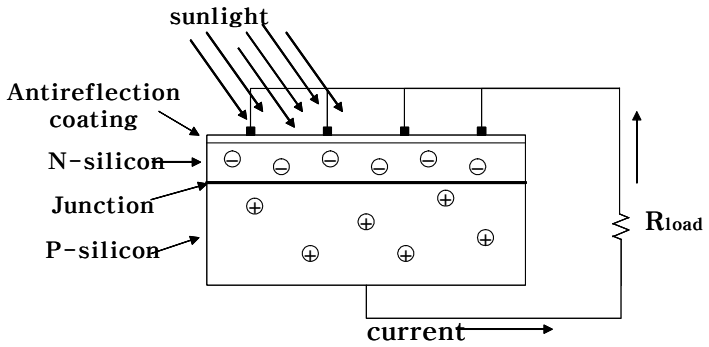
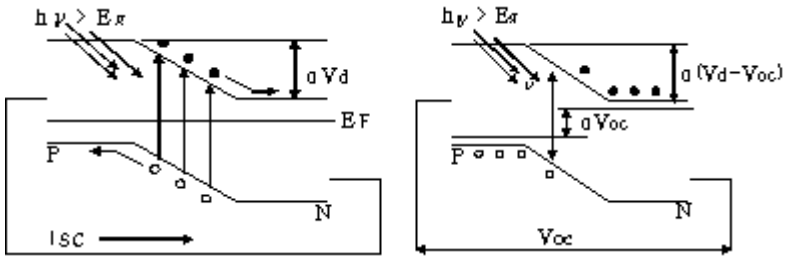


Fig. 1 The basic principle of photovoltaic



(a) Short circuit (b) Open circuit

Fig. 2 The photovoltaic effect in P-N junction

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 R_S와 병렬저항 R_{sh}를 고려해야 한다. 태양전지 표면에 입사하는 빛의 일부는 표면에서 반사되며, 표면을 투과한 빛은 태양전지 내에서 흡수되어 광자수는 지수 함수적으로 감소한다.

그림 3은 빛이 조사될 때 광기전력효과(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.[7,8]

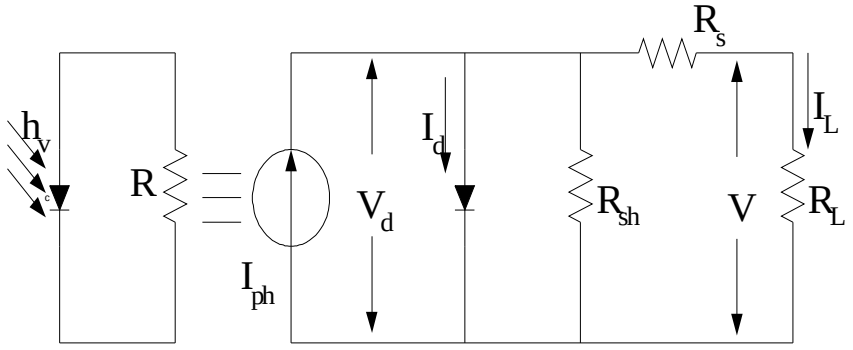


Fig. 3 The equivalent circuit of PV cell

광 투사시 $R_s = 0$, $R_{sh} = \infty$인 이상적인 P-N접합 다이오드인 경우 부하에 흐르는 전류 I_L은 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 : 부하전류, I_{Ph} : 광전류,
I_d : 다이오드의 역포화전류, n : 다이오드 상수,
K : 볼쯔만 상수, q : 전자의 전하량

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 4와 같이 된다. 여기서 개방 전압 V_{oc}, 단락전류 I_{sc}, 충진율 FF(fill factor) 등 3개의 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.

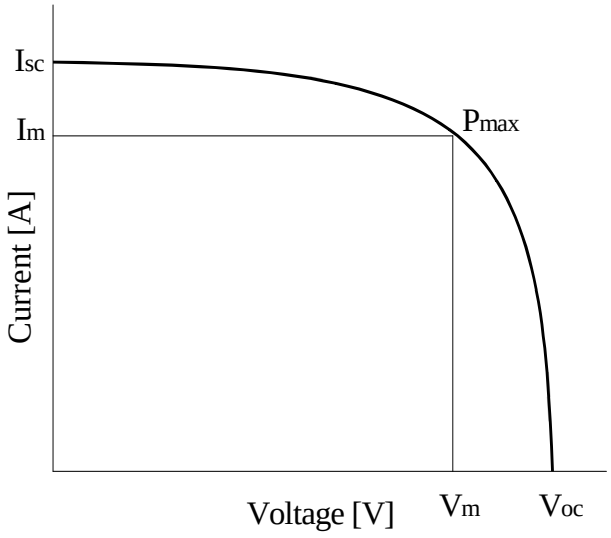


Fig. 4 The voltage and current curve of PV cell

전지에 연결된 부하저항의 크기를 조정함으로서 어떤 최적 동작점에서 최대의 출력 $P_{\max}$ 를 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

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

부하저항에서 소비되는 에너지를 P_{out}라 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 V_m은 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 I_m은 식 (7)과 같다.

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

$P_{\max}$ 이 커지기 위해서는 특성곡선에서 I_m과 V_m이 I_{sc}와 V_{OC}에 근접하여야 함을 알 수 있다.

태양전지의 특성을 평가하는데 있어서 단락전류, 개방전압과 더불어 가장 중요한 요소 중의 하나는 충진율 FF이며 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} : 입사된 태양광 에너지

따라서 태양전지의 효율을 높이기 위해서는 단락전류, 개방전압, 그리고 충진율을 높여야 한다.

지금까지 태양전지의 특성을 고찰한 결과 태양전지의 전기적 특성을 결정하는 요소를 보면 내부적인 변수로서 내부직렬저항 R_s, 내부병렬저항 R_{sh} 그리고 다이오드 역포화전류 I_0 이고, 외부적인 변수로서는 일사량과 온도의 변화 등이 있다. 여기서 내부 직렬저항은 태양전지에 광전류가 흐를 때 이 전류의 흐름을 방해하는 저항값으로서 N+층의 표면저항, P 층의 기판저항, 전극 접촉저항 및 전극자체의 고유저항 등이 포함되고 최대의 효율을 얻기 위해서는 직렬저항 값이 최소로 되어야 한다. 특히 집광형 태양전지에서와 같이 일사강도가 크고 고온인 경우 직렬저항이 미치는 영향은 매우 크다. 일반적인 태양전지의 경우에는 1 [cm^2] 면적당 1 [Ω]이하의 직렬저항을 가지면 높은 충진율을 얻을 수 있다.

태양전지의 직렬저항이 태양전지의 특성에 미치는 영향은 그림 5와 같으며, V_{oc} 에는 거의 변화가 없으나 충진율이 급격히 감소하는 것을 알 수 있고 직렬저항에 의한 전압강하가 순방향 바이어스 상태로 되어 암전류를 증가시키므로 단락전류가 감소하는 것을 알 수 있다.[9,10]

또한 병렬저항 즉 누설저항은 태양전지 내부의 누설에 의한 것으로, P-N 접합면의 재결합전류, 태양전지의 가장자리를 통한 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 [㏀] 이상이어야 하고, 누설저항을 크게 하기 위해서는 제조공정중 태양전지의 표면을 조심스럽게 다루어 손상이 없도록 하여야 한다. 실제 사용되는 태양전지의 경우 누설저항은 매우 크며, 누설저항이 태양전지의 특성에 미치는 영향은 그림 6과 같으며, 이 경우 태양전지의 단락전류는 변하지 않으나 누설저항이 감소함에 따라 충진율 및 개방전압이 감소함을 알 수 있다.

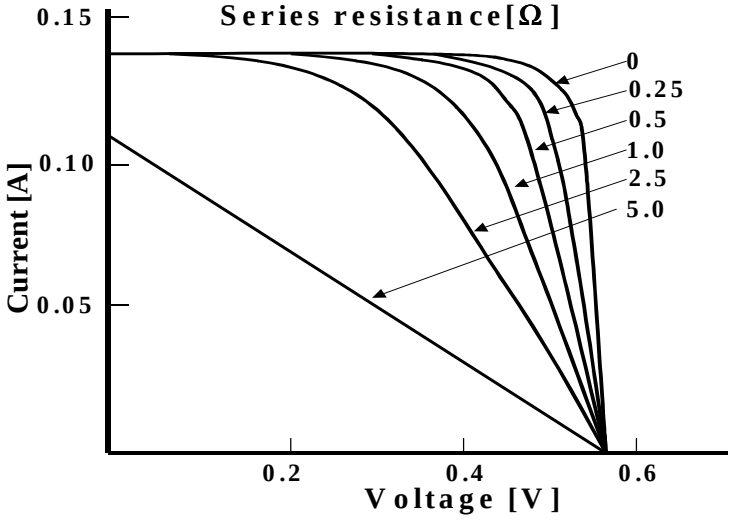


Fig. 5 Effect of series resistance on I-V curve

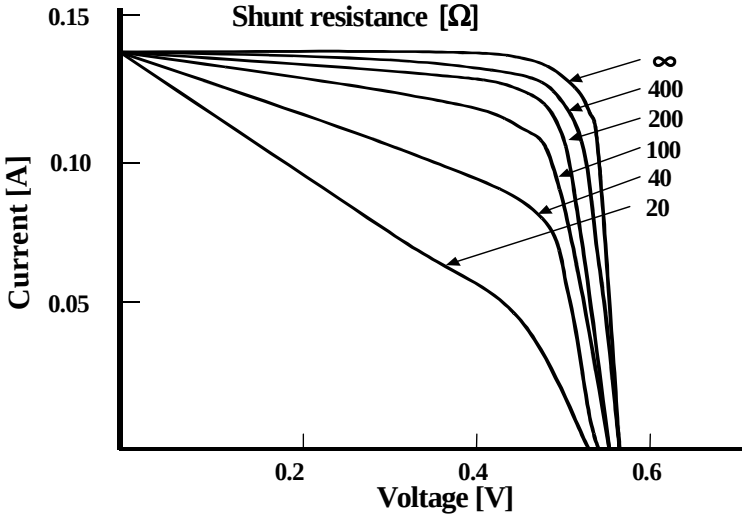


Fig. 6 Effect of shunt resistance on I-V curve

3. 태양전지의 동작특성

a) 태양전지의 병렬연결

두 개의 태양전지가 동일한 전기적인 특성을 갖고 같은 일사강도를 갖는 경우의 병렬로 연결된 태양전지의 출력특성은 그림 7과 같이 태양전지 양단에는 하나의 태양전지에서 발생된 전압이 걸린다. 이때의 I-V특성곡선은 일정전압의 크기에 전류만 2배로 증가된 형태를 갖는다. 즉 개방전압은 변하지 않고 단락전류만 2배로 증가된 특성을 갖는다. 그리고 여러개의 태양전지가 병렬로 연결될 경우의 태양전지의 합성출력전류는 식 (10)과 같이 된다.

$$I_a = N_p I_c \tag{10}$$

여기서, N_P : 병렬연결된 태양전지의 수,

I_c : 출력전류

그러나 태양전지에 일사조건이 각각 차이가 난다든지 혹은 태양전지에 파손이 생긴 경우에는 그 동작특성이 큰 차이가 난다. 여기서 태양전지에 대한 수식을 인용하면 식 (11)과 같다.

$$I_c(V) = I_L - I_o(V_o) \tag{11}$$

여기서, I_L : 광전류,

$I_o(V_o)$: 다이오드 포화전류

그리고 태양전지에 일사량 강도의 차이에 따라 태양전지에 미치는 출력전류의 변화는 식 (12)와 같다.

$$I_c(V) = KI_L - I_o(V_o - \Delta V)$$
$$\Delta V = (1-K) I_L R_s \qquad (12)$$

여기서, K는 일사상수(음영정도에 따라 0<K<1),

ΔV는 음영상태에 따른 직렬저항에 인가되는 전압 변화분

그림 8은 $K=1$인 곡선과 $K=0$인 곡선, 그리고 $K=1$인 곡선과 $K=0$인 곡선을 합성한 곡선을 나타내고 있으며, 또한 $K=1/2$과 $K=1/2$을 합성한 I-V특성곡선을 나타내고 있다. 이 곡선에서 알수 있듯이 태양전지의 출력전압은 거의 일정하고 출력전류는 일사정도에 따라 거의 비례적으로 증감하게 되므로 모든 태양전지의 용량을 결정할 경우에는 일사량에 대한 함수로 비례적으로 계산함을 알 수 있다.

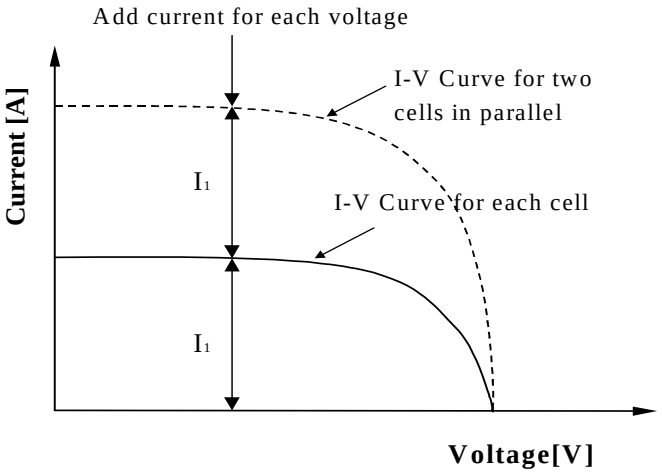


Fig. 7 I-V curve for cells in parallel

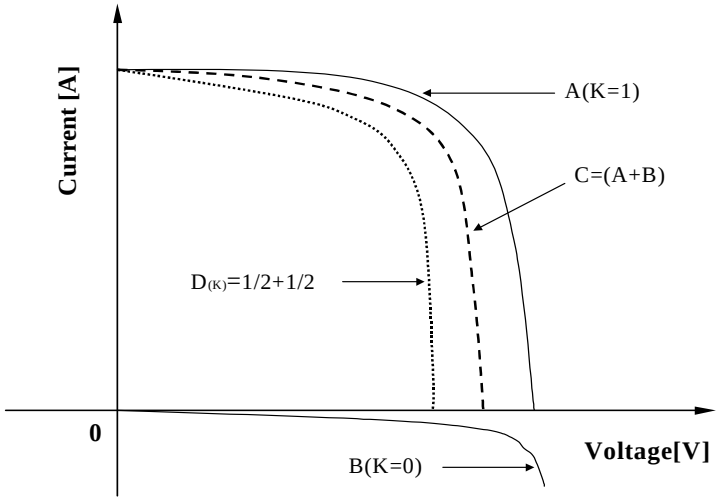


Fig. 8 I-V curve for cells in parallel

b) 태양전지의 직렬연결

그림 9는 두 개의 태양전지가 동일한 전기적인 특성을 갖고 같은 일사강도를 갖는 경우의 직렬로 연결된 태양전지의 출력특성을 나타내고 있다. 두 개의 태양전지 양단에는 하나의 태양전지에서 발생된 전류의 크기가 두 개의 태양전지 양단에 흐른다. 이때의 I-V 특성곡선은 한 개의 태양전지에서 발생된 전류의 크기에 전압만 2배로 된 특성곡선을 갖는다. 즉, 단락전류는 변하지 않고 개방전압만 2배로 증가된 특성을 갖는다.

그리고 여러개의 태양전지가 직렬로 연결될 경우의 태양전지의 출력전압은 식 (13)과 같이 된다.

$$V_a = N_p V_c \tag{13}$$

N_P : 병렬연결된 태양전지의 수

V_c : 출력전압

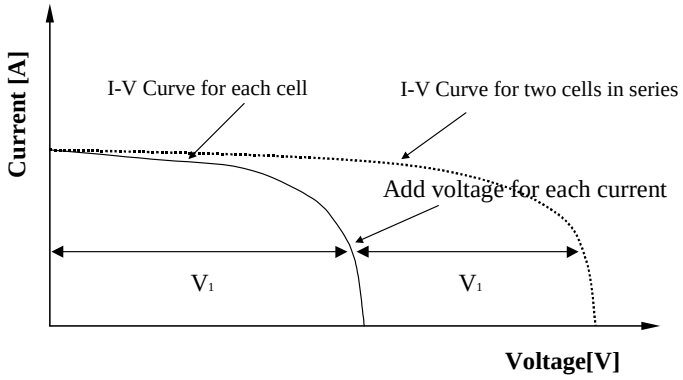
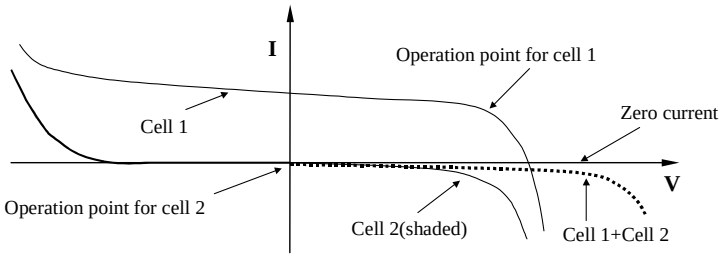


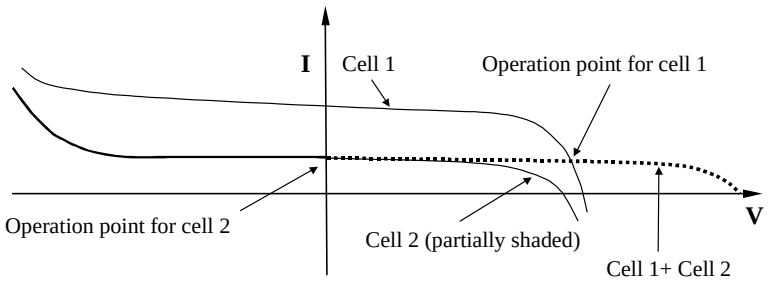
Fig. 9 I-V curve for cells in series

태양전지에 일사조건이 각각 차이가 난다든지 혹은 태양전지에 파손이 생긴 경우 동작특성을 살펴보면 그림 10과 같이 나타난다.

그림 10(a)의 경우 태양전지의 전류는 0이 되어 전체출력은 0이 되고, 그림 10(b)의 경우에는 출력전류가 *K=1/2*일 때의 전류만 흐르고 출력전압은 두 개 전압의 합으로 나타나는 것을 알 수 있다. 이와 같이 합성 태양전지에 흐르는 출력전류는 빛이 조사되지 않거나 빛의 세기가 감소한 태양전지에 의해 제한된 출력특성을 갖는다.[11]



(a) K=1, K=0



(b) K=1, K=1/2

Fig. 11 Operating characteristics of cells in series

B. 태양광발전시스템

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.[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 : BOS)가 필수적이다. 일반적으로 태양광발전시스템은 태양전지 어레이, 전력변환장치인 인버터, 구성요소기기를 연결하는 배선 및 중계단자함, 교류측 사용계통에 연결하는 전력량계 등으로 구성된다. 태양전지 어레이에서 발전된 전력이 직류이

기 때문에 이것들을 인버터에서 교류로 변환하여 전력회사로부터 공급되는 교류전력과 병행하여 사용할 수 있도록 하고 있는 방식을 계통연계형 태양광발전시스템이라고 한다. 태양광발전기술은 핵심소자인 태양전지 기술과 주변장치기술로 나뉘어 지는데, 주변장치는 직류를 교류로 변환시키는 인버터, 축전지, 지지대 등을 포함한다. 그림 11은 태양광발전시스템의 기본적인 블록다이어그램을 나타내고 있고 그림 12는 태양광발전시스템의 기본구성을 나타내고 있다.

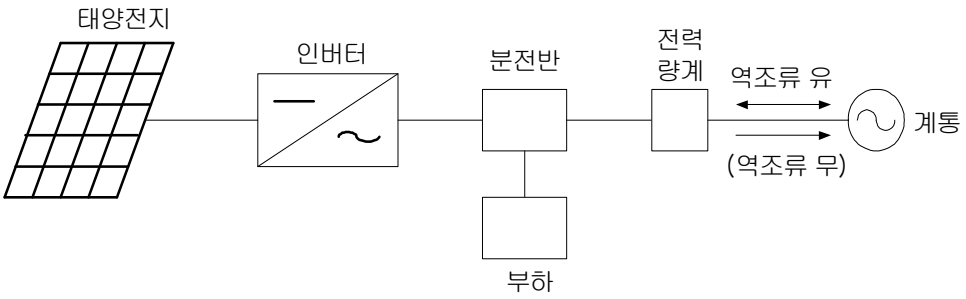


Fig. 12 Block diagram of grid connected PV system

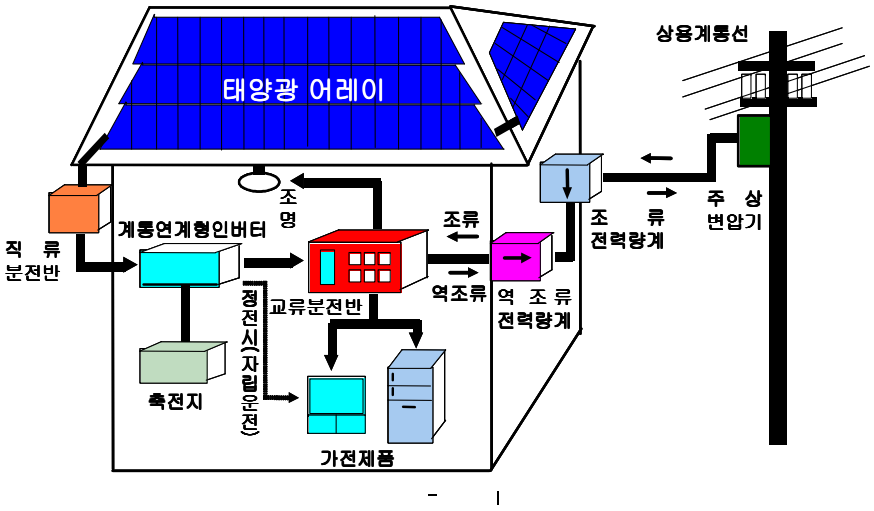


Fig. 13 PV system of grid connected

1. 태양전지 어레이 구성

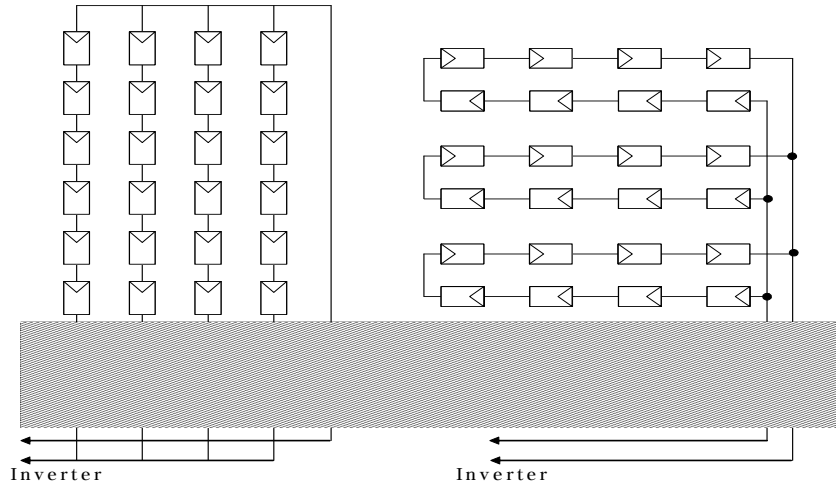
태양전지 어레이는 모듈을 필요매수에 따라 직렬 및 병렬접속으로 조합하여 필요한 발전전력을 얻기 위해 태양전지 모듈을 대형화 한 것이다.

직렬접속 매수는 인버터 정격입력전압에 10%를 추가하여 최대출력동작전압으로 나누어 산출된 값을 직렬매수로 하는 것이 일반적이다. 이는 태양전지의 온도특성 결과로 고온에서 감소하여 인버터의 동작전압을 벗어나는 것을 고려한 것이다. 따라서 인버터의 정격입력전압에 의하여 직렬접속수를 산출하고 설비용량에 따라 병렬접속수를 정한다.

어레이 구성시 나무, 빌딩 및 구름에 의한 차폐 등으로 그림자가 부분적으로 발생한다며 그림자 영향을 받는 부분은 발전량이 저하되므로 그림자 영향을 고려하여야 한다. 결국 어레이의 구성은 직·병렬접속 방법을 검토해 발전효율이 향상되는 방향으로 한다.

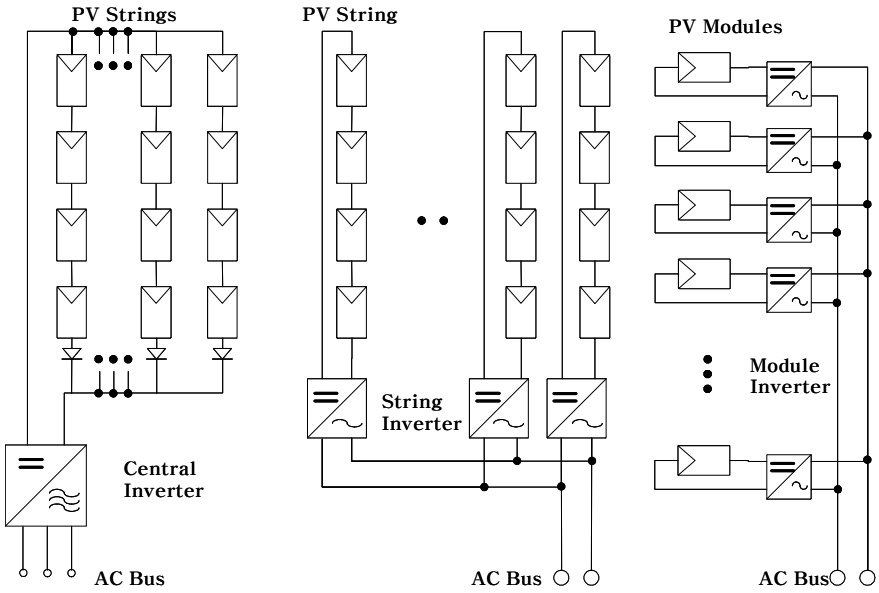
그림 13은 스트링 배선방법을 나타낸 것이다. 그림 13 (a)는 각 스트링에 그림자가 발생하는 경우 전체 스트링에서 전압발생에 영향을 미치는 것을 나타내며 (b)와 비교하면 출력저하가 크게 나타난다. (b)는 1개의 스트링에 그림자 영향이 발생해서 전체의 전류가 감소되지만 전압은 유지되어 (a)와 비교해서 출력 저하가 작다. 따라서 그림자가 나타나는 방향으로 직렬접속 하는 방법이 효율 향상에 좋으나, 그림자 방향이 변동하므로 접속방법을 종합적으로 검토하여야 한다.[14,15]

그림 14는 인버터와 스트링의 접속관계를 나타낸 것이다. 대부분 스트링 접속이 그림 14 (a)방식으로 설치하고 있으나 직병렬 접속시 불균형, 그림자나 적설 등 환경의 영향에 의해 스트링마다 발전량이 차이가 발생하여 발전량이 저하된다. (b)방식으로 병렬군마다 설치하는 것이 발전효율 면에서 (a)방식보다 유리하고 각 셀마다 인버터를 설치하는 (c)방식이 발전량이 가장 좋다.



(a) Overall effected by shadow (b) Partial effected by shadow

Fig. 14 String configuration



(a) Central inverter (b) String inverter (c) Module inverter

Fig. 15 PV plants design inverter position with string interval

a) 그림자 영향

대부분의 태양광발전시스템은 낮 시간동안 일정시간이나 부분적으로 그림자 영향이 미친다. 이것은 특히 도시지역에 설치된 태양전지 어레이에서 자주 나타나는데 특히, 겨울에 임의의 시간에서 매우 높게 나타난다. 이것은 태양의 고도에 기인하여 나타나고 또한 이웃한 빌딩의 크기, 형태, 위치 그리고 나무와 같은 장애물에 기인하여 나타나기도 한다.

일반적으로 여름에는 태양고도가 높기 때문에 그림자 영향이 적게 나타나고 겨울철 일몰 직전시간에 증가한다. 이러한 손실범위는 대략 5%에서 많게는 20%까지 나타나고 이는 어레이의 구조에 의존한다.

어레이의 최적의 경사각은 정남향에서 설치위도의 90% 이다. 그림 15는 어레이간의 이격거리를 계산하기 위한 각도를 정의한 것이다. 어레이간 그림자의 영향을 피하기 위한 이격거리 계산은 식 (14)와 같다.

$$d/a = \cos\beta + \frac{\sin\beta}{\tan\varepsilon} \qquad (14)$$

단, 여기서 $\varepsilon = 90^\circ - \delta - \phi$

a : 모듈길이　　d : 이격거리

β : 모듈경사각　　ϕ : 위 도

δ : 23.5°　　ε : 앙 각

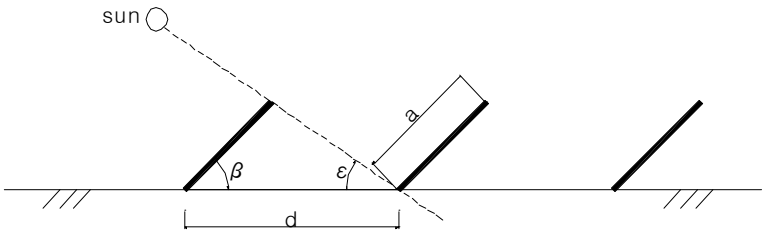


Fig. 16 Distance length of PV array

b) 어레이의 방위각과 경사각

태양전지 어레이의 방위각은 일반적으로 태양전지의 단위용량당 발전전력량이 최대인 정남쪽, 즉 '0°'도로 한다. 여기서 설치장소의 제약이 있는 경우에는 지붕이나 토지의 방위각, 산이나 건물의 그림자를 피할 수 있는 각도로 하여 일일발전량이 최대가 되거나 부하측이 최고가 되는 시각에 최대 발전량을 얻도록 한다. 지붕을 이용하여 설치하는 경우에는 일반적으로 지붕이 경사져 있거나, 수평면인 지붕을 효율적으로 이용할 수 있도록 지붕의 방위각에 맞춘다. 국내 기와지붕의 경사각은 18°~20°정도이다. 또한 지상에 설치하는 경우에는 효율적으로 이용할 수 있도록 토지의 방위각으로 한다. 그리고 지붕이나 토지의 제약은 없으나 산이나 건물의 그림자가 있으면 그림자를 피할 수 있는 각도로 한다. 또한 방위각을 조정해서 하루 중 부하가 피크인 시각에 발전량도 피크를 일치시키는 경우에는 방위각 선택은 식 (15)와 같다.

방위각=(일중최대부하시각-12)×15+(설치지역경도-표준시경도) (15)

여기서 최대부하 시각은 24시간 표현방식을 취한다. 또한 어레이 경사각은 통상 태양전지 어레이의 발전전력량이 연간 최대가 될 수 있도록 한다. 이때 경사면이 이미 존재하는 지붕을 이용할 경우에는 지붕의 경사각으로 한다. 그밖에 눈이 많이 쌓이는 지역에서는 자연적으로 눈이 흘러내릴 수 있는 경사각 약 50°~60° 로 한다.

연계형인 경우에는 연간 최적 경사각으로 어레이 경사각을 선택하면 적설기간에는 발전을 할 수 없게 되는 경우가 있으나, 전체적으로 연간 발전전력량이 최대인 경우가 있기 때문에 반드시 눈이 흘러내리게 경사각을 선택할 필요는 없다.

2. 태양전지 어레이 지지대

지지대를 세로로 설치하는 것 보다 가로로 설치하는 것이 모듈을 고정하는 부재점수가 약간 적기 때문에 가로로 설치하는 것이 많지만 단차가 약 2배 정도가 발생한다. 이는 자연강우에 의한 모듈 유리면의 세정효과가 떨어지고 눈이 많은 지대에서는 눈이 쌓이기 쉬운 단점이 있다. 따라서 효율이 저하되기 때문에 먼지 및 염분, 눈이 많은 지역에서는 세로로 설치하는 것이 유리하다. 태양전지의 지지대는 철의 10~25배 내식성을 지닌 용융아연도금으로 한다. 재료에 따른 지지대의 수명을 표 1에서 보여준다.

Table 23 Comparition of structure lifetime

구 분	년 수	비 고
강제 + 도장	5 ~ 10년	재도장
강제+용융아연도금	20 ~ 30년	
스테인레스	30년 이상	

위의 내용 년 수를 고려하여 태양전지의 예측수명인 20~30년과 비슷한 강제+용융아연도금이 많이 사용되고 있다. 아울러 염분 및 부식성 가스가 많은 지역에서는 부식방지를 위하여서는 특히 스테인레스를 사용한 지지대를 설치함으로써 내구성을 높일 수 있다.

지지대의 예상하중은 태양전지 어레이의 자체하중과 지지대 하중으로 이루어진 고정하중과 바람 및 눈으로 발생하는 풍압하중 및 적설하중으로 이루어진 동하중으로 이루어진다.[19]

3. 접속함

접속함은 복수의 태양전지 모듈의 접속을 정연하게 하고, 보수·점검시에 회로를 분리해서 점검 작업을 용이하게 하며 태양전지 어레이에 고장이 발생시 정지범위를 최소화 하는 목적으로 보수·점검이 용이한 장소에 설치한다. 접속함에는 직류출력개폐기, 피뢰소자, 역류방지소자, 단자대로 구성되어 있다. 절연저항측정과 정기점검시 단락전류 확인 때문에 출력단락용 개폐기를 설치하는 경우도 있다.

그림 16은 일반적인 중·대형 시스템 설계상의 접속함의 회로도를 표시한 것이다.

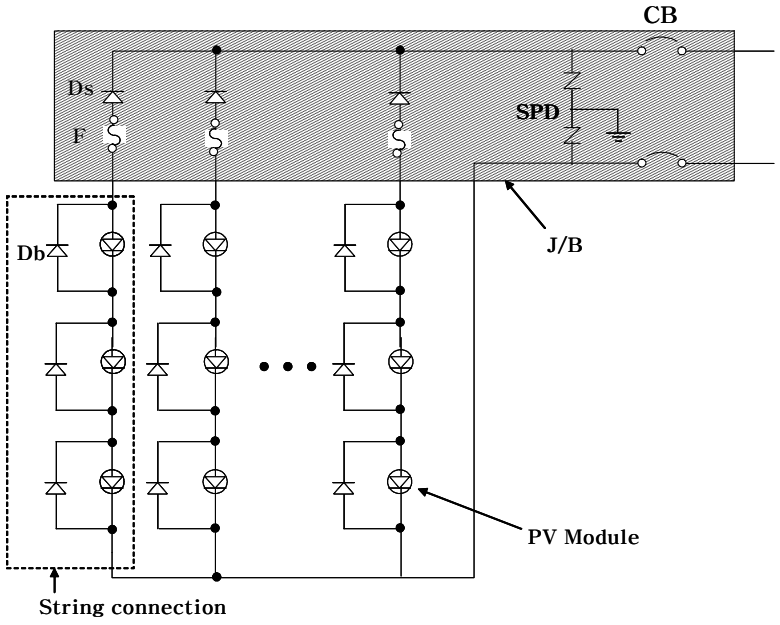


Fig. 17 Circuit diagram of junction box

a) 바이패스 다이오드

태양전지를 직렬접속(스트링)한 모듈에서 그림자 또는 파손 등 사고가 발생시 해당 전지에 회로의 전압이 역방향으로 집중해서 저항이 급격히 증가 하므로 일정한 전류에 의한 Hotspot 현상이 발생되고 시간이 지속될 때에는 과열에 의해서 주변의 충진재 변색 등 모듈이 소손되거나 파손되는 경우가 발생하여 출력전력은 급격하게 감소하게 된다. 따라서 이에 대한 대책으로 종합출력의 저하를 억제하고 모듈의 소손과 파괴를 방지하기 위해 블록분할과 블록단위에 모듈마다 다이오드를 설치하여 해당 모듈을 우회 운전할 수 있도록 회로를 구성한다. 이 다이오드를 바이패스 다이오드(Bypass Diode)라 하며 보통 모듈의 표면에 설치된 접속 단자대에 설치된다. 바이패스 다이오드는 보호하고자 하는 스트링의 공칭 최대출력 동작전압의 1.5배 이상 역내전압을 갖고 스트링의 단락전류를 충분히 바이패스 시킬 수 있는 정격전류를 지녀야 한다. 그림 17은 바이패스 다이오드를 표시한 것이다.

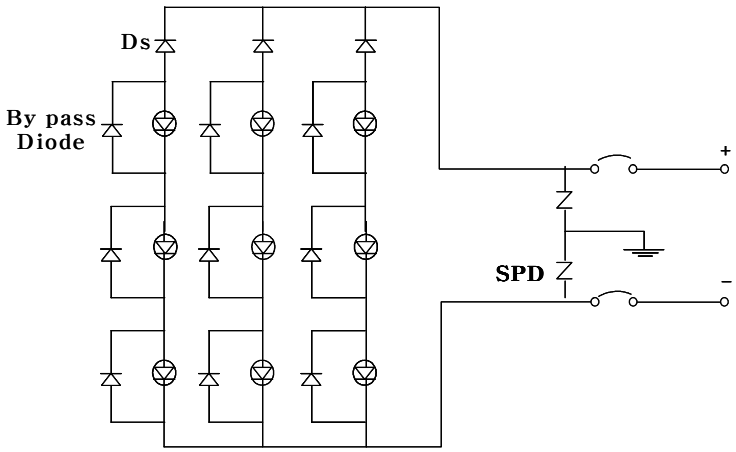


Fig. 18 Bypass diode configuration

또한 표면에 바이패스 다이오드를 설치할 경우 온도는 주변의 온도보다 20~40℃ 정도 높은 경우가 있다. 이 때문에 다이오드 온도도 높아서 정격전류 용량보다 적은 전류에서 사용된다. 다이오드의 사용온도를 예상해서 여유를 두고 정격전류의 다이오드를 선정할 필요가 있다.

b) 역류방지소자

태양전지모듈에 다른 태양전지의 병렬회로와 축전지 또는 계통 연계시스템인 경우 전류가 다른 회로에 역으로 유입 되는 것을 저지하기 위해 역저지용다이오드가 사용된다. 이를 역류방지다이오드(Blocking Diode)라 하며 보통 접속상자내에 설치된다.

태양전지모듈은 나뭇잎, 건물 등에 의해 그림자가 발생된 상태에서 발전되는 경우가 있다. 이때 태양전지 직·병렬회로를 구성하여 동작하는 경우 어레이의 스트링 사이에 출력전압의 불평형이 발생해서 출력전류의 분담이 변화한다. 이 불평형전압이 일정값 이상인 경우 다른 스트링에서 전류를 공급 받아 역방향으로 전류가 흐른다. 이 역전류 때문에 각 스트링에 역류방지소자를 설치한다.

또한 태양전지 어레이의 직류출력회로에 축전지가 설치되는 경우 야간에 태양전지가 발전하지 않는 시간대에는 태양전지는 축전지에 의해 부하상태로 된다. 이때 축전지에서 방전은 일사강도가 회복 될 때까지 축전지 용량은 계속해서 방전되어 전력을 소비하는데 이것을 방지하기 위해 설치하는 것이 역류방지소자이다. 역류방지소자는 설치된 회로의 최대전류와 최대역전압에 충분히 견딜 수 있어야 한다.

그리고 설치장소에 따라 온도가 높은 경우 바이패스 다이오드와 같은 방식으로 여유율 1.5 이상을 선정 하여야 한다.

4. 인버터

a) 인버터 기본동작

계통연계형 인버터는 태양전지에 의해 발전된 전력을 계통측에 보내는 역할을 한다. 계통전원과 인버터 출력전원의 동기화를 이루어 계통측 전압과 필터를 통하기 전 인버터의 출력전압의 위상차를 조정하고 전력량과 전류 흐름 방향을 조정한다. 전압제어형 인버터측의 전압 위상을 계통측보다 앞서게 한다면 계통측에 전력을 전송 할 수 있다.

그림 18은 전류제어전압형 인버터로 계통전압을 항상 감시해서 출력이 증가된 경우에는 종전보다도 게이트 점호시간을 조금 짧게 하여 인버터 출력전압의 위상을 계통전압보다 앞선 위상으로 동작하게 한다. 구체적으로는 오차신호의 위상을 앞서게 하는데 그림 19의 인버터 출력전압 및 출력전류와 계통전압과의 벡터도에 나타낸 것과 같이 계통전압과 인버터 출력전압의 위상각 θ를 크게 하는 것이 출력전력을 증대시킨다.

리액터 L은 연계용 리액터로 PWM 파형 출력의 평활 리액터를 겸하고 있다. 벡터도에서 보는 바와 같이 인버터의 출력전류 i_c는 계통전압 e_c와 항상 동상이 되도록 제어되고, 리액터의 전압강하 e_L은 출력전류 i_c에 대해 항상 90°위상이 앞서도록 제어 한다.

인버터의 출력전력 P를 구하면 식 (16)과 같다.

$$P = e_c \times i_c \tag{16}$$

리액터 L의 임피던스 ωL을 대입하면 전류와 기전력은 각각 식 (17), (18)과 같다.

$$i_c = \frac{e_L}{\omega L} \tag{17}$$

$$e_L = e_i \times \sin\Theta \tag{18}$$

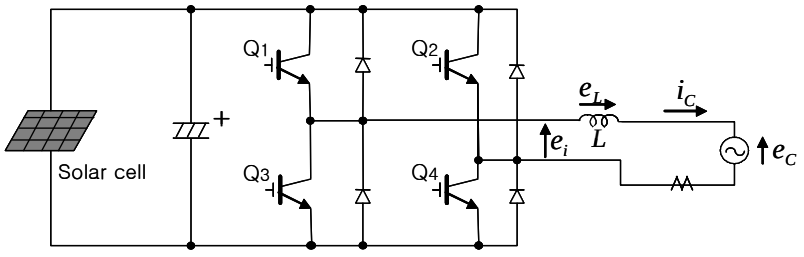
식 (16)에 식 (17), (18)을 대입하면 전력은 식 (19)와 같다.

$$P = \frac{e_c \times e_i \times \sin\Theta}{\omega L} \tag{19}$$

여기서 e_c, e_i 위상각 Θ를 제어하면 출력전력이 제어됨을 알 수 있다. 최대전력추종제어에서도 최대전력점을 감시한 위치에서 위상각 Θ를 변화시켜 항상 태양전지가 최대전력점에 위치하도록 제어한다.

태양전지의 출력은 일사강도나 태양전지의 표면온도에 의해 변동된다. 이러한 변동을 최적값으로 제어하고 태양전지의 동작점을 변화에 추종시켜 태양전지에서 항상 최대전력을 낼 필요가 있다. 이것을 최대전력점 추종제어라 한다.

그림 20에서 MPPT제어를 나타낸바와 같이 직류전압을 일정한 시간간격을 두고 서서히 변화시켜 이때의 태양전지출력전력을 계측해서 변화전과 비교하여 항상 전력이 큰 방향으로 인버터의 직류전압을 변화시킨다. 이러한 동작으로 인해 태양전지에서 최대전력을 얻을 수 있다.



e_i : Output Voltage e_L : Reactor Voltage e_C : Grid voltage i_C : Output current

FIg. 19 Inverter circuit of current controlled method

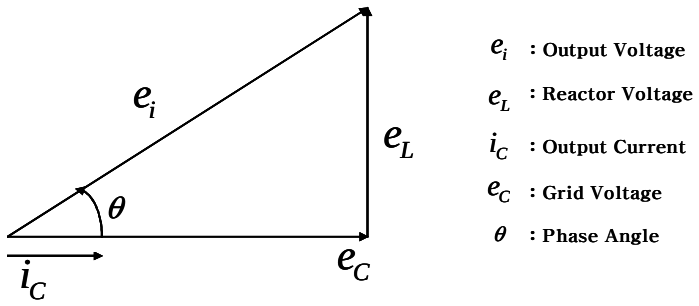


Fig. 20 Vector diagram of voltage and current

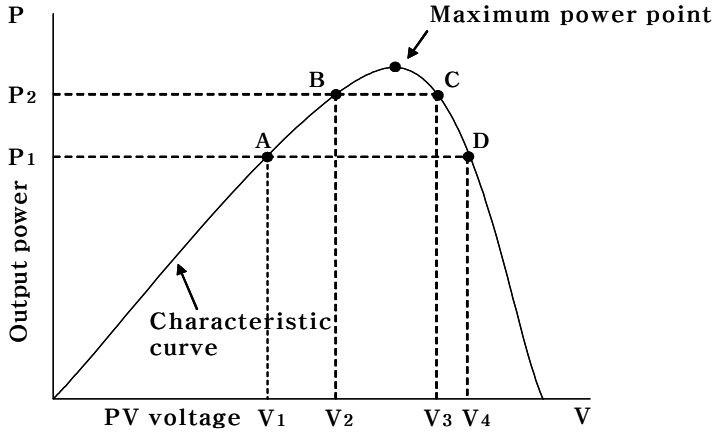


Fig. 21 Maximum power point control

III. 시뮬레이션

A. 태양전지 모듈

본 논문에서는 태양전지 모듈에 대한 시뮬레이션을 통하여 태양전지 모듈의 출력특성에 대하여 고찰하였다. 시뮬레이션한 태양전지 모듈은 SANYO사의 HIP-180B2 모델이며 표 2는 태양전지 모듈의 파라미터를 나타내고 있다. 그림 21은 태양전지 모듈의 전압-전류 특성 및 전압-전력 특성 시뮬레이션을 나타내고 있고 표 3은 각 파라미터의 시뮬레이션 결과 값을 나타내고 있으며 파라미터 값은 정격사양과 근사한 값으로 나타남을 알 수 있다. 그림 22와 그림 23은 일사량에 따른 전압-전류 특성 및 전압-전력 특성 시뮬레이션을 나타내고 있으며, 일사량이 저하되면 출력전류가 현저히 저하되며 따라서 출력전력도 현저히 저하됨을 알 수 있다. 그림 24와 그림 25는 온도에 따른 전압-전류 특성 및 전압-전력 특성 시뮬레이션을 나타내고 있으며, 온도가 상승하면 출력전압이 저하되고 따라서 출력전력도 저하됨을 알 수 있다.

Table 24 Parameter of PV module

Parameter	Value
Cell Type	Mono crystalline Si
Cell Efficiency	17.8 [%]
Maximum power (P_{max})	180 [W]
Max. power voltage (V_{mp})	54 [V]
Max. power current (I_{mp})	3.33 [A]
Open circuit voltage (V_{OC})	66.4 [A]
Short circuit current (I_{SC})	3.65 [A]
Module Efficiency	15.3 [%]
Module Size	1,319×894 [mm]

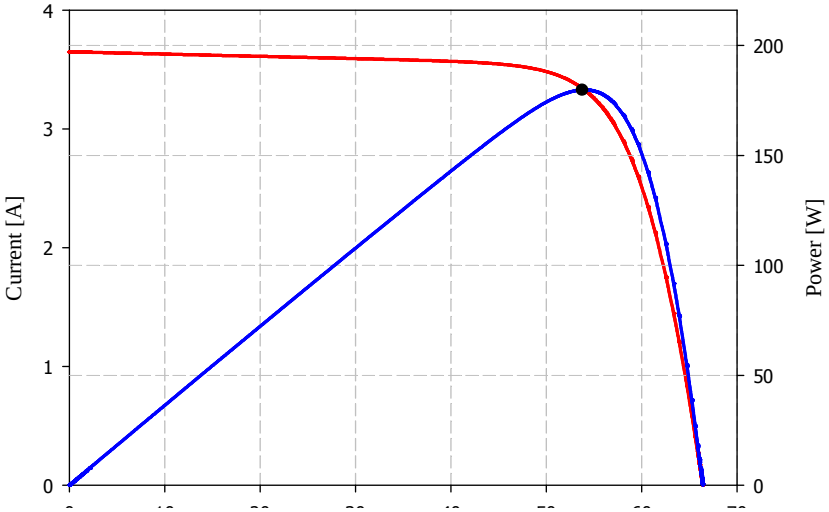


Fig. 22 I-V characteristics curve of PV module

Table 25 Simulation Results

Parameter	Value
Maximum power (P_{max})	179.79 [W]
Max. power voltage (V_{mp})	53.76 [V]
Max. power current (I_{mp})	3.34 [A]
Open circuit voltage (V_{OC})	66.39 [V]
Short circuit current (I_{SC})	3.65 [A]

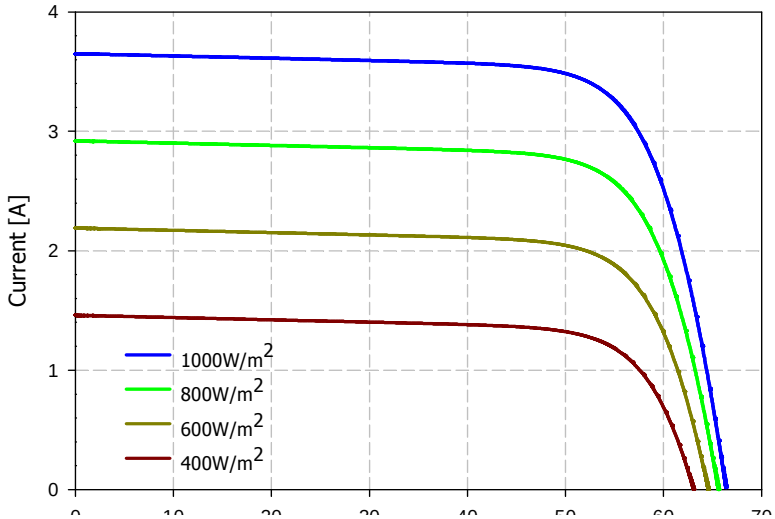


Fig. 23 I-V characteristics curve at difference irradiation

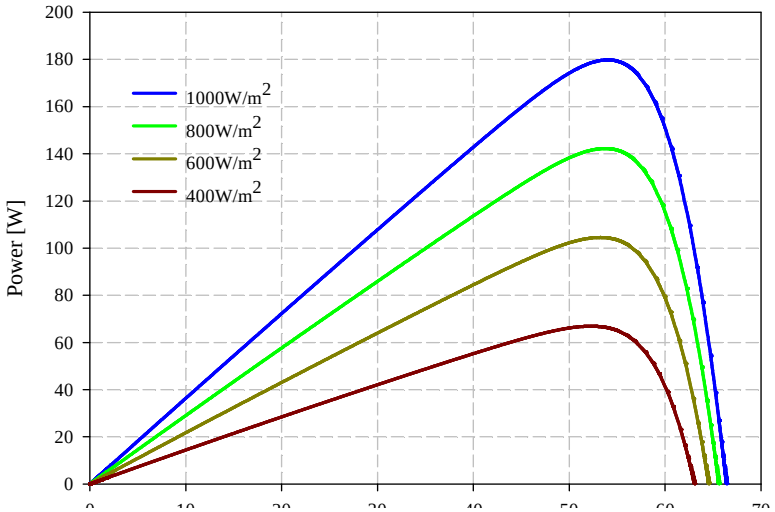


Fig. 24 Output power characteristics curve according to variation irradiation

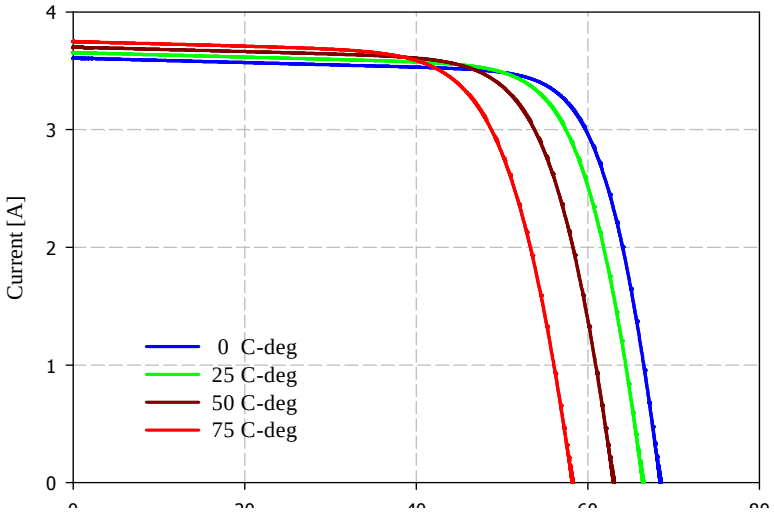


Fig. 25 I-V characteristics curve according to variation temperature

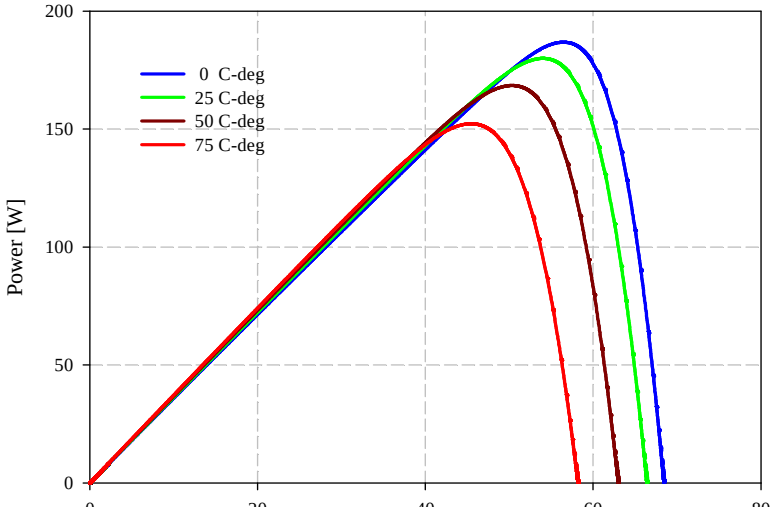


Fig. 26 Output power characteristics curve according to variation temperature

B. 태양광발전시스템

1. 태양전지 어레이

태양광발전시스템의 경사각 및 그림자 영향에 따른 운전특성을 분석하기 위하여 시뮬레이션을 통하여 10kW 태양광발전시스템을 구성하고 운전특성을 비교분석 하였다.

시뮬레이션 파라미터 조건은 광주광역시의 경도 126.55°와 위도 35.8°로 하였으며 태양전지는 5직렬 3병렬을 어레이 단위로 4개의 어레이군을 구성하여 10kW 태양광발전시스템을 구성하였다. 그림 26은 본 논문에서 구성한 10kW 태양광발전시스템의 시뮬레이션 화면으로서 태양전지 모듈의 직병렬 상태 및 어레이 배치를 나타내고 있다.

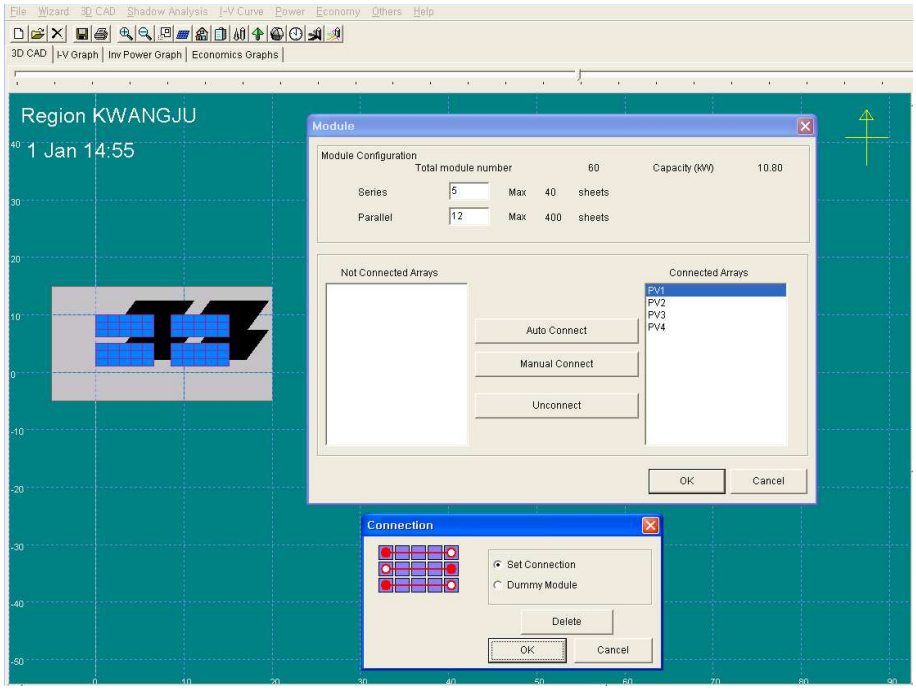


Fig. 27 10kW PV system simulation

2. 경사각

10kW 태양광발전시스템의 경사각에 따른 연간 발전량 특성을 분석하기 위하여 0°에서 10°씩 상승하여 90°까지 변환시켜 시뮬레이션 하였다. 그림 27은 월별 경사각에 따른 발전량 그래프이고 그림 28은 경사각에 따른 연간 발전량 그래프를 나타내고 있다. 표 4는 경사각에 따른 발전량 데이터를 나타내고 있다.

월별 발전량에서 1월과 12월에는 경사각이 60°시 시스템의 발전량이 각각 964kWh 및 868kWh, 2월과 11월에는 경사각이 50°시 시스템의 발전량이 934kWh, 3월과 9월에는 경사각이 30°시 시스템의 발전량이 각각 1,039kWh 및 997kWh, 4월에는 경사각이 20°시 시스템의 발전량이 1,140kWh, 5월과 8월에는 경사각이 10°시 시스템의 발전량이 각각 1,296kWh 및 1,128kWh, 6월과 7월에는 경사각이 0°시 시스템의 발전량이 각각 1,107kWh와 1,001kWh, 10월에는 경사각이 40°시 시스템의 발전량이 1,081로 가장 많음을 알 수 있었다.

연간 총 발전량은 경사각이 30°시 11,821kWh로 가장 많았고, 경사각이 20°부터 40°까지는 연간발전량이 30°의 약 99%로 차이가 거의 없음을 알 수 있었으며, 경사각이 10° 및 50°시에는 95%, 경사각이 0° 및 60° 시에는 90%로 나타났으며, 70°부터 90°까지는 80% 이하로 현저히 저하됨을 알 수 있다.

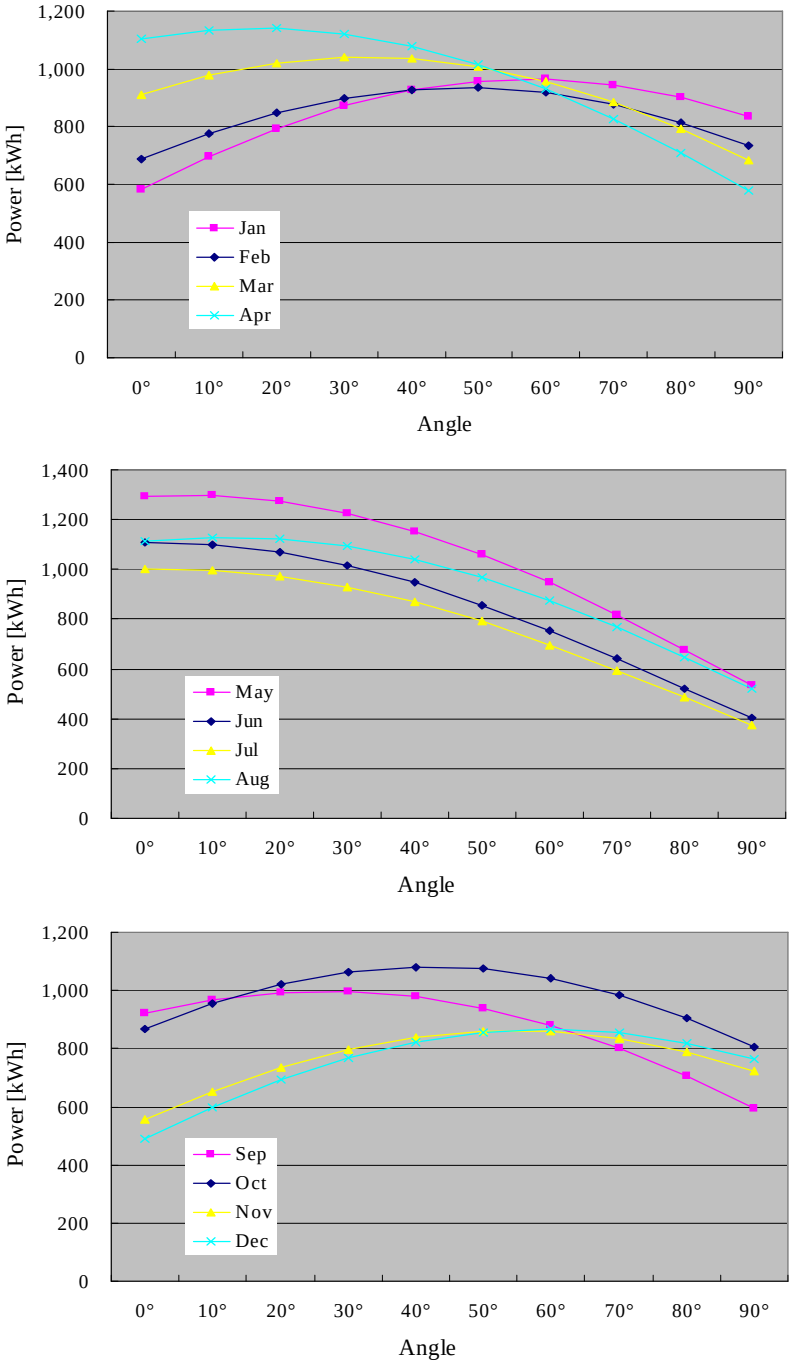


Fig. 30 A monthly PV generation value at the tilt angle

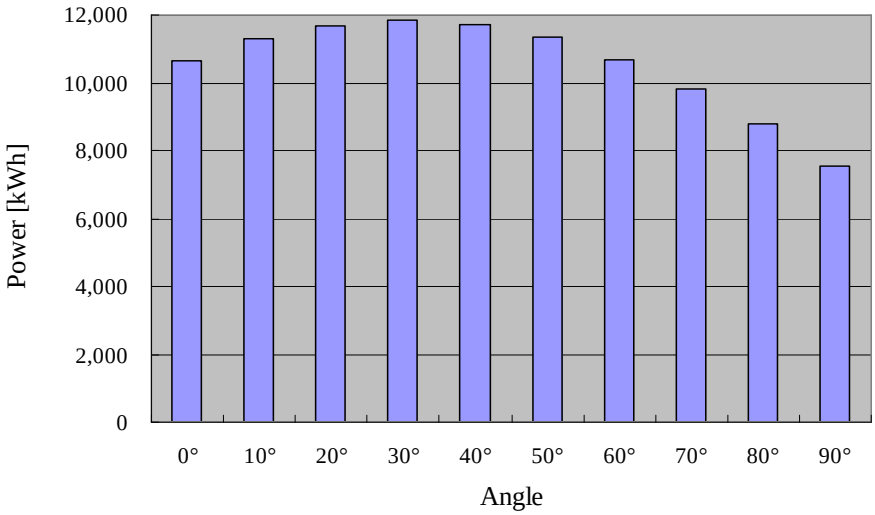


Fig. 31 A yearly PV generation value at the tilt angle

Table 26 PV generation value at the tilt angle

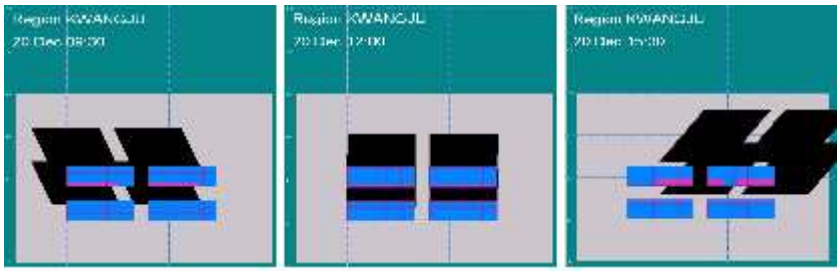
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Jan.	581	697	795	872	927	958	964	945	901	834
Feb.	688	778	849	900	928	934	917	877	816	735
Mar.	911	976	1,019	1,039	1,035	1,007	956	884	792	683
Apr.	1,103	1,133	1,140	1,122	1,080	1,016	932	828	709	577
May.	1,293	1,296	1,274	1,225	1,153	1,060	946	815	677	533
Jun.	1,107	1,099	1,069	1,017	946	858	754	640	521	405
Jul.	1,001	998	974	930	868	790	697	593	485	376
Aug.	1,111	1,128	1,122	1,092	1,040	969	877	769	647	520
Sep.	921	968	993	997	979	939	879	800	704	594
Oct.	867	955	1,022	1,064	1,081	1,074	1,041	984	904	804
Nov.	556	653	734	796	838	859	858	834	789	724
Dec.	489	599	692	768	824	857	868	855	820	763
Sum	10,627	11,281	11,683	11,821	11,699	11,321	10,689	9,825	8,767	7,548

3. 그림자 영향

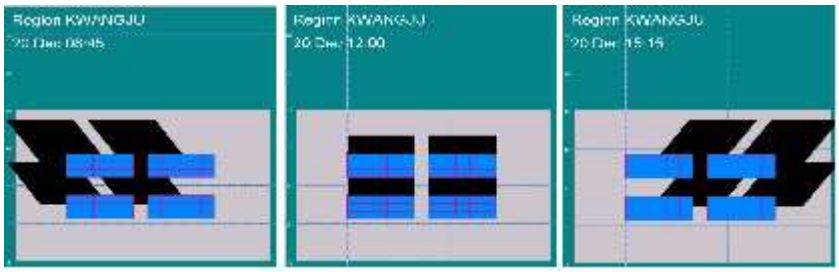
본 논문에서 시뮬레이션을 수행한 10kW 태양광발전시스템에서 태양전지 어레이 4개군을 그림 26과 같이 2*2로 배열 하였다. 따라서 앞뒤 어레이간의 이격거리에 의하여 뒤 어레이 2개군에 그림자 영향이 미칠 수 있다. 전체 60장의 태양전지 모듈 중 그림자의 영향을 받는 태양전지모듈이 12장이고 이때 그림자의 음영 농도를 70%로 하여 그림자 영향에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

기존에는 그림자 영향을 동지 12:00일 때 태양고도를 기준으로 적용하였으나 태양광발전시스템의 발전량이 어느 정도 양호한 동지 9:30부터 오후 15:30시 일 때 태양고도를 기준으로 이격거리를 산출하여야 한다.

본 논문에서는 12월 20일을 기준으로 그림자 영향에 대한 시뮬레이션을 통하여 이격거리를 산출 하였다. 그림 29는 이격거리에 따른 그림자 영향에 대한 시뮬레이션 화면을 나타낸다. 그림 29 (a)는 어레이의 이격거리가 4m시 그림자 영향에 대한 시뮬레이션을 나타내고 있으며, 뒤 어레이 2개군은 정오 12:00에도 앞 어레이에 의한 그림자 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 그림 29 (b)는 어레이의 이격거리가 5.5m시 그림자 영향에 대한 시뮬레이션을 나타내며, 그림자 영향을 약 오전 8:45분부터 받지 않으며 오후 15시 15분 정도부터 그림자 영향을 받기 시작함을 알 수 있다. 따라서 어레이간의 이격거리를 5.5m 이상으로 선정하면 양호하다고 사료된다. 또한 그림자 영향에 의한 태양전지 어레이의 출력특성을 시뮬레이션 하였으며 그림 30은 그림자 영향에 따른 태양전지 어레이의 출력특성을 나타내고 있다. 태양전지 어레이는 그림자 영향을 받으면 출력전류가 현저히 저하됨으로서 발전량이 현저히 저하됨을 알 수 있다. 특히 겨울철에 그림자 영향이 많아 발전량이 차이를 보인다.



(a) At a distance of 4m



(b) At a distance of 5.5m

Fig. 33 Shadow effect with array distance

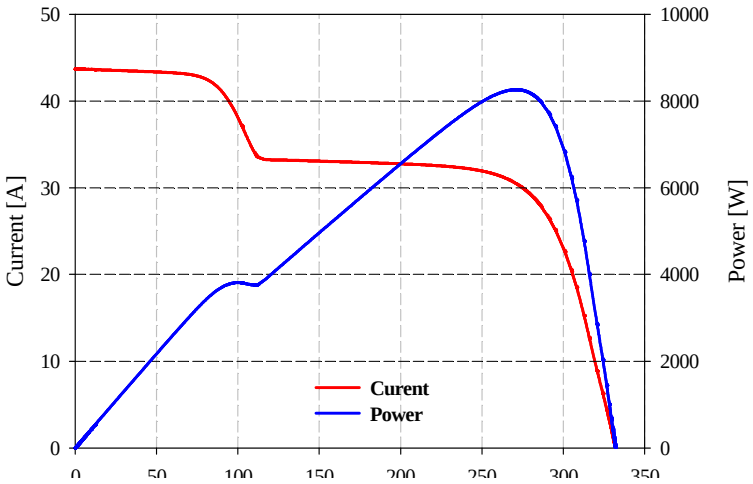


Fig. 34 PV output characteristic by shadow

IV. 결 론

본 논문에서는 시뮬레이터를 이용하여 10kW 태양광발전시스템을 구성하였으며, 기상조건 및 주위환경에 따른 태양전지 모듈의 출력특성 및 시스템의 출력특성에 대하여 분석하였다.

1) 태양전지 모듈의 시뮬레이션 결과 일사량이 저하되면 출력전류가 현저히 저하되며 따라서 출력전력도 현저히 저하됨을 알 수 있었고 온도가 상승하면 출력전압이 저하되고 따라서 출력전력도 저하됨을 알 수 있었다.

2) 경사각에 따른 태양광발전시스템의 출력특성을 시뮬레이션 한 결과 경사각이 30°시 연간발전량이 가장 많았고, 경사각이 20°부터 40°까지는 30°의 약 99%로 차이가 거의 없음을 알 수 있었다.

3) 12월 20일 9:30부터 오후 15:30시 태양고도를 기준으로 이격거리에 따른 그림자영향에 대하여 시뮬레이션 한 결과 그림자 영향을 받으면 출력전류가 현저히 저하됨으로서 발전량이 현저히 저하되므로 이격거리를 정확하게 산출하여야 함을 알 수 있었다.

향후 태양광발전시스템의 원활한 보급과 신뢰성 확보 및 최적 성능을 발휘할 수 있도록 시스템을 설계하기 위한 기초 자료로 활용하는데 기여될 것으로 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.

저작물 이용 허락서

학 과	기술·가정교육전공	학 번	20058282	과 정	석사
성명	한글: 박선희	한문: 朴 善 熙		영문: Park, seon-hee	
주소	광주광역시 서구 화정4동 라인동산@ 103 - 1102				
연락처	E-MAIL: odry11@nate.com				
논문제목	한글 : 태양전지의 환경요소변화에 따른 출력특성 영문 : Output Power Characteristics of Solar Cell by Change for Environmental Effects				

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 6 월 일

저작자: 박 선 희 (인)

조선대학교 총장 귀하