creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000241109

2011년 2월
교육학석사(기술 · 가정교육)학위논문

기상조건에 따른 태양광 및 풍력 발전시스템에 관한 연구

조선대학교 교육대학원

기술 · 가정교육전공

한 승 수

기상조건에 따른 태양광 및 풍력 발전시스템에 관한 연구

A study on the PV and Wind Power Generation depending on Weather Condition

2011年 2月 日

조선대학교 교육대학원

기술·가정교육전공

한 승 수

기상조건에 따른 태양광 및 풍력 발전시스템에 관한 연구

지도교수 조 금 배

이 논문을 교육학석사(기술 · 가정교육)학위
청구논문으로 제출함.

2010年 10月 日

조선대학교 교육대학원

기술 · 가정교육전공

한 승 수

한승수의 교육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 조선대학교 교수 박 세 승 인

심사위원 조선대학교 교수 최 연 옥 인

심사위원 조선대학교 교수 조 금 배 인

2010年 12月 日

조선대학교 교육대학원

목 차

ABSTRACT

I. 서 론 ····· 1

II. 이론적 고찰 ····· 2
A. 태양광발전 ····· 2
1. 태양전지의 원리 및 구조 ····· 2
2. 태양전지의 특성 ····· 7
3. 태양전지의 전기적 특성 ····· 13
4. 태양광발전시스템 구성 ····· 16
B. 풍력발전 ····· 21
1. 풍력발전시스템 개요 ····· 21
2. 풍력발전시스템 장치 ····· 21
3. 풍력발전 시스템의 운전방식 ····· 26

III. 실험 및 결과 ····· 29
A. 시스템 구성 ····· 29
B. 태양전지 특성 실험 ····· 34
1. 태양전지 모듈의 I-V 특성곡선 측정 ····· 34
2. 입사각에 따른 광전류 측정 ····· 36
C. 풍력발전 특성 실험 ····· 38

IV. 결 론 ····· 42

참고문헌

List of Tables

Table 1 System specifications ····· 30

Table 2 Meteorological sensors ····· 30

Table 3 Resistance due to changes voltage and current output ··· 35

Table 4 Photocurrent from light measurements taken from a different angle ····· 36

Table 5 Characteristics of wind energy output in 30cm ····· 39

Table 6 Characteristics of wind energy output in 40cm ····· 39

Table 7 Characteristics of wind energy output in 50cm ····· 39

List of figures

Fig. 1 The basic principle of photovoltaic 3

Fig. 2 The photovoltaic effect in P-N junction 4

Fig. 3 The I-V characteristics of a solar cell compared to a diode5

Fig. 4 Air Mass number equation 6

Fig. 5 Spectral distribution compare of AM0, AM1.5 and 5,762K black body irradiation 6

Fig. 6 The equivalent circuit of solar cell 7

Fig. 7 The voltage and current characteristics of solar cell 9

Fig. 8 Effect of series resistance in the I-V characteristics 11

Fig. 9 Effect of shunt resistance in the I-V characteristics 12

Fig. 10 Operating characteristics at different resistance 13

Fig. 11 Maximum output voltage and maximum power point of solar cell 14

Fig. 12 I-V characteristics at different irradiation 15

Fig. 13 I-V characteristics at different temperature 15

Fig. 14 The block diagram of stand-alone PV system for

DC load 18

Fig. 15 The block diagram of stand-alone PV system for AC load 18

Fig. 16 The block diagram of the unidirection utility interactive PV system 20

Fig. 17 The block diagram of the biidirection utility interactive PV system 20

Fig. 18 Squirrel Induction Generator 24

Fig. 19 Winding Induction Generator 25

Fig. 20 Permanent magnet synchronous generator 25

Fig. 21 A distribution diagram of alone power system 27

Fig. 22 A distrbution diagram of wind power/diesel compound generation 28

Fig. 23 Solar and wind hybrid system configuration 29

Fig. 24 Block diagram of the boost converter 31

Fig. 25 MOSFET gate drive circuit 32

Fig. 26 DC voltage feedback circuit 32

Fig. 27 DC current sensing circuit 32

Fig. 28 Schematic of the output characteristics of solar cells ····· 34

Fig. 29 Resistance due to changes voltage and current output graph ····· 35

Fig. 30 Photocurrent from light measurements taken from a different angle graph ····· 36

Fig. 31 Photocurrent from light measurements taken froma different angle ····· 37

Fig. 32 Experiments on wind power characterization ····· 38

Fig. 33 Characteristics of wind energy output ····· 40

ABSTRACT

A study on the PV and Wind Power Generation depending on Weather Condition

By : Seung-Soo Han
Advisor : Prof. Geum-Bae Cho, Ph.D.
Major in Technology and Home-Economics Education,
Graduate School of Education, Chosun University

The mankind has promoted their life by using fossil energies such as coal, oil and gas. But we are impending some problems with exhaustion of fossil energy and environmental pollution. People concentrates all their energy developing new times of the oil-shocks in 1970. People envy the energy of the photovoltaic and wind because it is infinite and pollution-free, but it has obvious defects in reliability compared with fossil fuel because it is lack of economical efficiency. Because these problems it is needed to increase the reliability of energy supply by developing a system shich interacts photovoltaic and wind energy. It is imminent to develop a best suited system shich use photovoltaic and wind energy suitable for domestic weather condition.Thus, each development approach to address the shortcomings of the complex development of solar and wind systems at home and abroad about the need for research is emerging and there. Solar

power and wind power generation in accordance with the time and season generation because there is a mutually complementary relationship power reduction of the storage facility is expected painter and low strains of hybrid generation system can reduce our dependence on power.

In this paper, using a combination of two energy complex solar and wind power is a basic study on system configuration. The purpose of this study to understand the principles of solar and wind power, and based on experimental data obtained by solar and wind power generation system for the dissemination of data will be important. Solar and wind energy sources through continuous research and to prepare for the future because the nature that laid the foundation for ongoing research to study the significance of this is based.

I. 서 론

현재 인류가 가장 널리 이용하고 있는 전기 에너지의 대부분은 화력발전이나 원자력발전을 통해서 얻고 있다. 하지만 최근 급속한 산업의 발달과 생활수준의 향상으로 전력수요의 지속적인 증가와 화석에너지의 고갈, 환경오염 문제 등으로 신재생에너지의 개발을 필요로 하고 있다. 각 선진국에서는 이러한 이유로 태양광발전에 관한 연구 및 보급 사업을 정부 주도로 강력하게 추진 중이다. 우리나라에서도 태양광, 풍력, 연료전지를 3대 중점사업으로 신재생에너지의 개발 및 보급에 힘쓰고 있다.[1]

하지만, 태양광발전은 무한정하며, 청정발전이라는 장점을 갖고있는 반면에 일사량이나 온도 등의 기상조건 변동에 따라 출력이 불안정하다는 단점을 갖고 있다. 또한, 풍력발전은 환경 친화적인 특성뿐만아니라 기존 발전시스템 전력단가와 견줄만한 장점이 있으나 기상조건이 풍속에 따른 발전량의 변화가 심하여 발전효율이 떨어지는 문제점을 가지고 있다. [2]

따라서, 각 발전방식의 단점을 보완하는 태양광·풍력복합 발전시스템에 대한 연구가 국내외적으로 그 필요성이 대두되고 있는 실정이다. 복합발전시스템은 기상조건에 따라서 태양광·풍력 발전시스템에서 전력을 발생시키고 정격부하를 초과하고 남는 잉여전력은 베터리에 충전하며 발전량이 부하보다 부족하면 발전하도록 운전된다. 이러한 복합발전시스템의 전력변환기의 제어방식은 여러 가지가 있지만 기상조건에 따른 출력전압의 변동에도 안정된 출력특성을 보장하도록 하는것이 중요하다.

따라서, 본 논문에서는 먼저 태양광발전과 풍력발전시스템의 원리와 특성을 고찰하고 이를 통하여 기상조건에 따른 태양광과 풍력발전에 대한 기초연구와 실험실 환경하에서 일사량 가변에 따른 태양광발전의 출력 특성과 풍속의 가변에 따른 발전량을 실험에 의해 얻은 데이터를 통하여 태양광 및 풍력발전시스템을 비교 검토하고자 한다.

II. 이론적 고찰

A. 태양전지의 이론 및 특성

1. 태양전지의 원리 및 구조

태양전지는 화학반응을 이용한 화학 전지와 다른 반도체를 이용한 고체 물리전지로, 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, In, Ga) 등을 침투시켜 만든 P형 반도체로 이루어진 P-N접합 구조로 되어 있다.

P형 반도체와 N형 반도체가 하나의 단결정으로 접합되면 불순물의 농도차에 의해서 전자는 N형 반도체에서 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]

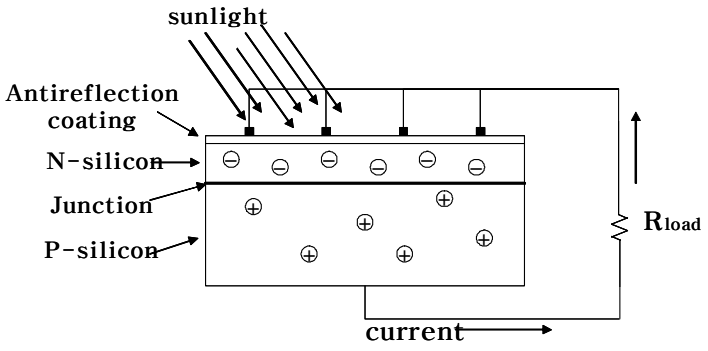
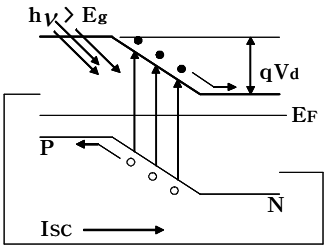


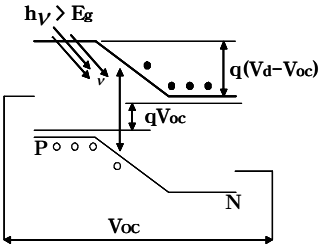
Fig. 1 The basic principle of photovoltaic

광기전력 효과란 금지대영역이 에너지밴드 갭(Eg)인 P-N접합에 빛을 조사시킬 때 Eg보다 큰 에너지를 가진 입사광에 의해서 전자-정공쌍이 생성되어 접합 양단에 광기전력이 발생하는 현상이다. 이러한 광기전력 효과를 이용한 태양전지내에서 전자는 N형 반도체쪽으로 정공은 P형 반도체 쪽으로 모이게 되어 전위차가 발생하게 되며 이로 인해 윗면과 아래면에 붙여 만든 전극에 부하를 연결하게 되면 전류가 흐르게 되는데, 이것이 태양전지의 P-N접합에 의한 태양광발전의 원리이다.

그림 2(a)에서 외부회로를 단락하면 입사광량에 비례한 광전류가 외부회로에 흐르게 되는데 이때 이 전류를 단락전류(Short-circuit Current, Isc)라 한다. 또한 그림 2(b)에서와 같이 P-N접합의 양단을 개방하면 전자와 정공이 각각 N, P층으로 유입됨으로서 N층의 페르미 레벨이 P층의 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.



(a) Short circuit



(b) Open circuit

Fig. 2 The photovoltaic effect in P-N junction

태양전지는 넓은 면적의 다이오드로 볼 수 있으므로 이것의 전압-전류 특성곡선은 암 상태에서의 다이오드 전류-전압 곡선에 광전류를 중첩시키면 된다. 즉, 암 상태에서의 다이오드 전압-전류 곡선을 아래쪽으로 광전류 Iph 만큼 이동시키면 된다. 그림 3은 태양전지의 동작곡선을 나타낸다. 이때 다이오드에 인가되는 전류에 대한 해석은 식 (1)과 같다.

$$I = I_{ph} - I_d \tag{1}$$

이때, Iph 는 광전류 이고, Id 는 다이오드 전류이다.[4]

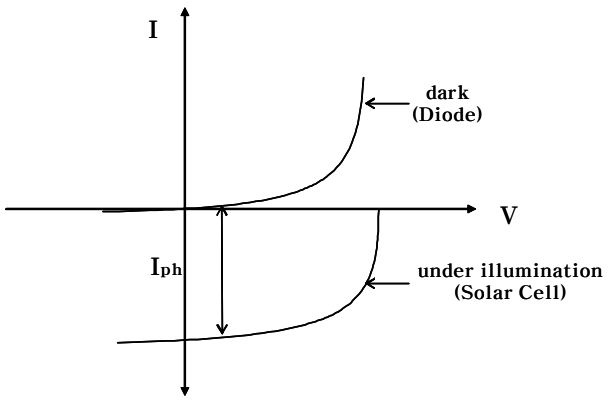


Fig. 3 The I-V characteristics of a solar cell compared to a diode

태양은 표면온도가 5,762K 이므로 태양광의 스펙트럼은 이 온도에 준하는 흑체복사로 표현될 수 있다. 태양으로부터 방출된 빛을 대기권 밖에서 입사광에 수직으로 측정하면 태양상수 혹은 Air Mass zero (AM0)로 일정한 값을 얻게 된다. 일반적으로 널리 알려진 AM0의 값은 1,353 W/m^2이다. 그러나 태양광이 지표면에 도달하게 되면 분광분포는 상당히 감소한다. 이러한 감소의 주요한 원인은 각종 분진, 먼지에 의한 산란, 수증기, 오존, 이산화탄소에 의한 흡수이다. 또한 이러한 감소는 파장에 따라서 달라지며 지구 대기권을 통과하는 경로에 따라서도 달라진다. 이를 정량화한 것이 Air Mass number이다. 그림 4는 Air Mass의 상호관계를 표시한 것으로 태양광의 입사각이 ϕ일때 AM n은 cos(ϕ)의 역수에 비례한다. 예를 들어 지표에 수직으로 입사하는 태양광은 AM1 이다.

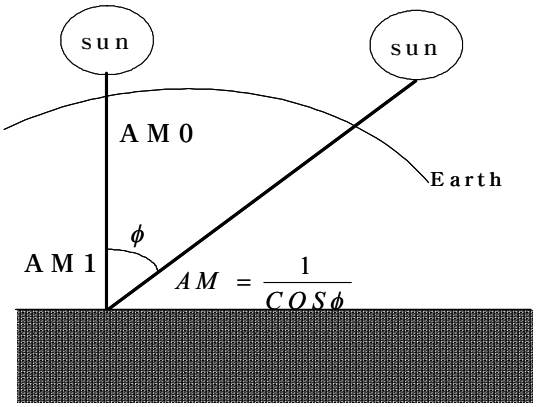


Fig. 4 Air Mass number equation

그림 5는 AM0, AM1.5, 흑체복사에 대한 스펙트럼 분포도를 비교하여 나타낸 것이다. Air Mass number는 또한 주변 환경의 영향까지 고려하여 세분화 할 수 있는데 AM1.5g (global)의 경우 주변 환경에 의한 반사, 재 방출된 빛까지 고려한 강도를 의미하며 AM1.5d (direct)의 경우 직접 입사된 빛만을 고려한 것이다. 일반적으로 태양전지의 효율을 측정하는 조건은 1.0 kW/m^2 인 AM1.5g 이다.[5,6]

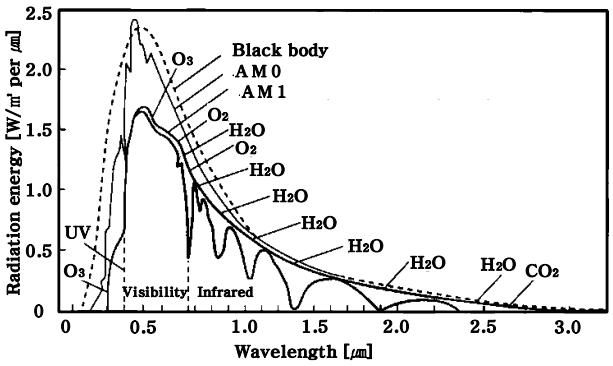


Fig. 5 Spectral distribution compare of AM0, AM1.5 and 5,762K black body irradiation

2. 태양전지의 특성

태양전지의 모델링은 한 개의 이상적인 다이오드와 Iph의 크기를 갖는 정전류원으로 구성되어 있지만 이상적인 다이오드를 제작하는 것이 불가능하므로 접촉저항 및 표면층의 면(Sheet)저항 등을 표시하는 직렬저항 Rs와 병렬저항 Rsh를 고려한다. 태양전지 표면에 입사하는 빛의 일부는 표면에서 반사되며, 표면을 투과한 빛은 태양전지 내에서 흡수되어 광자수는 지수 함수적으로 감소한다.

그림 6은 빛이 조사될 때 광기전력효과를 이용한 태양전지의 등가회로를 보여주고 있다.[6,7] 여기서 Iph는 입사된 빛에 의해 생성된 캐리어(Carrier)가 외부로부터 방해를 받지 않을 때 폐회로를 통해 흐르는 광전류이고, Id는 암전류로서 Iph와는 반대 방향이다. 병렬저항 Rsh는 이상적인 다이오드 특성에서 벗어나 일정한 상수 저항으로 표시되는 누설저항을 나타내며, Rs와 R_L은 각각 전지 내부에 존재하는 직렬저항과 외부에서 걸어주는 부하저항을 나타낸다.

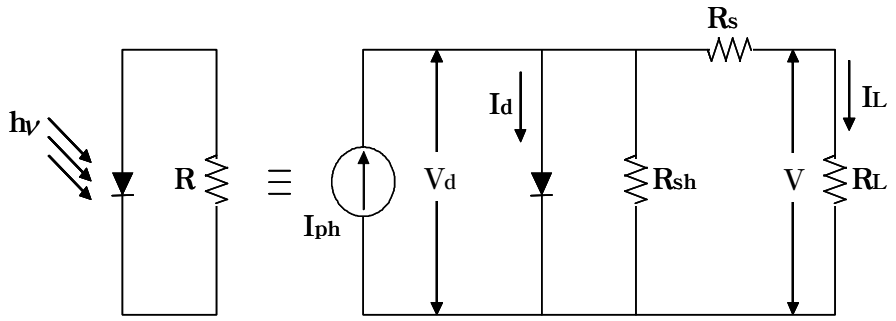


Fig. 6 The equivalent circuit of solar cell

등가회로에서 태양전지의 출력전류는 식 (2)와 같고 출력전압은 식 (3)과 같다.

$$I_L = I_{ph} - I_d - \frac{V_d}{R_{sh}} = I_{ph} - I_0[\exp(\frac{qV_d}{nKT}) - 1] - \frac{V_d}{R_{sh}} \quad (2)$$

$$V_d = V + I_L R_s = [\frac{nKT}{q}\ln(\frac{I_{ph} - I_L}{I_0}) + 1] + I_L R_s \quad (3)$$

여기서 I_0는 다이오드 포화전류이다.

식 (3)로부터 태양전지의 출력전류를 구하면 식 (4)과 같다.

$$I_L = I_{ph} - I_0[\exp\left(\frac{q(V + I_L R_s)}{nKT}\right) - 1] - \frac{V + I_L R_s}{R_{sh}} \quad (4)$$

그림 6에서 광 투사시 $R_s = 0$, $R_{sh} = \infty$인 이상적인 P-N접합 다이오드인 경우 부하에 흐르는 전류 I_L은 식 (5)과 같다.

$$I_L = I_{ph} - I_0[\exp\left(\frac{qV}{nKT}\right) - 1] \quad (5)$$

여기서 I_L은 출력전류, I_{ph}는 광전류, I_0는 다이오드 포화전류, n은 다이오드 상수, K는 볼쯔만 상수이고 q는 전자의 전하량이며 T는 절대온도이다.

일정온도와 일정 일사조건에서 태양전지의 전압-전류 특성 곡선은 그림 7과 같다. 여기서 개방전압 V_{oc}, 단락전류 I_{sc}, 충진율 FF (Fill Factor) 등 3개의 변수는 에너지 변환효율과 관련되는 파라미터로서 식 (5)로부

터 $I_L = 0$ 인 조건에서 개방전압 V_{oc} 는 식 (6)와 같다.

$$V_{oc} = \frac{nKT}{q} ln\left(\frac{I_{ph}}{I_0} + 1\right) \tag{6}$$

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

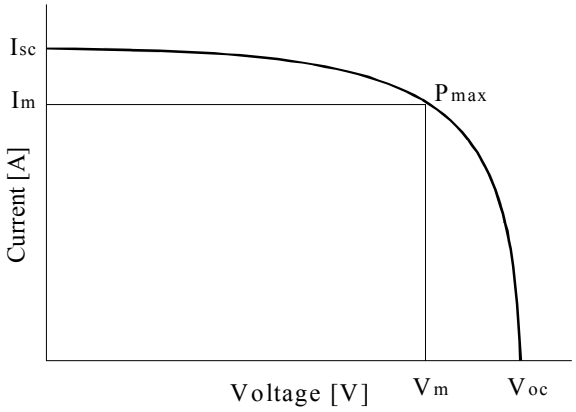


Fig. 7 The voltage and current characteristics of solar cell

전지에 연결된 부하저항의 크기를 조정함으로서 어떤 최적 동작점에서 최대출력 P_{max} 는 식 (7)과 같다.

$$P_{\max} = V_m \cdot I_m = FF \cdot V_{oc} \cdot I_{sc} \tag{7}$$

부하저항에서 소비되는 에너지를 P_{out} 라 하면 식 (8)과 같다.

$$P_{out} = V \cdot I_L = V \cdot \left\{ I_{ph} - I_0 [\exp(\frac{qV}{nKT}) - 1] \right\} \tag{8}$$

최적부하조건에서 $\frac{dP_{out}}{dV}=0$ 이므로 최적동작전압 V_m은 식 (9)와 같다.

$$V_m = \exp(\frac{qV_m}{nKT})(1+\frac{qV_m}{nKT}) = (\frac{I_{ph}}{I_0})+1 \tag{9}$$

또한 이때의 최적동작전류 I_m 은 식 (10)과 같다.

$$I_m = \frac{(I_{ph}+I_0)\cdot(qV_m/nKT)}{1+(qV_m/nKT)} \tag{10}$$

P_{max}이 커지기 위해서는 특성곡선에서 I_m과 V_m 이 I_{sc} 와 V_{oc} 에 가까워야 함을 알 수 있다.

태양전지의 특성을 평가하는데 있어서 단락전류, 개방전압과 더불어 가장 중요한 요소 중 하나는 충진율이며 식 (11)와 같다.

$$FF = (V_m \times I_m)/(V_{oc} \times I_{sc}) \tag{11}$$

태양전지의 에너지 변환효율은 태양전지에서 얻을 수 있는 최대의 전기 에너지를 입사광에너지로 나눈 값으로 식 (12)와 같다.

$$\eta = \frac{P_m}{P_{in}} = \frac{V_m \times I_m}{P_{in}} = \frac{V_{oc} \times I_{sc}}{P_{in}} \times FF \tag{12}$$

여기서 P_{in}은 입사된 태양광 에너지이다.

따라서 태양전지의 효율을 높이기 위해서 단락전류 I_{sc}, 개방전압 V_{oc}, 그리고 충진율 FF를 높여야 한다.

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, 전극 접촉저항 및 전극자체의 고유저항 등이 포함되고 최대의 효율을 얻기 위해서는 직렬저항 값이 최소로 되어야 한다.[8]

태양전지의 직렬저항값을 낮추기 위해 도핑 농도가 크고 접합깊이가 깊어야 하나, 이렇게 하면 전류가 작아지므로 이에 대한 최적화가 필요하며, 일반적인 태양전지의 경우에는 접합 깊이를 0.3~0.5[㎛], 표면저항은 50±10[Ω]정도로 하고 있다. 그리고 태양전지의 전극면적을 5~10 %로 유지시키면서, Grid Finger 폭을 줄이고 Finger 사이의 거리를 좁혀 Finger의 수를 증가시키면 직렬저항을 줄일 수 있다. 일반적인 태양전지의 경우에는 1[cm^2] 면적당 1[Ω]이하의 직렬저항을 가지면 높은 충진율을 얻을 수 있다.

그림 8은 태양전지의 직렬저항이 태양전지의 특성에 미치는 영향을 나타내며 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.

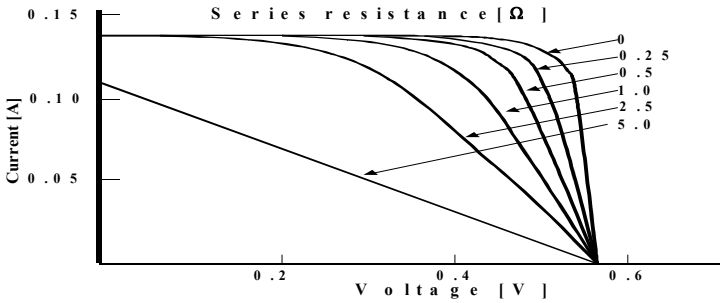


Fig. 8 Effect of series resistance in the I-V characteristics

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 [Ω] 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 9와 같다. 이 경우 태양전지의 단락전류는 변하지 않으나 누설저항이 감소함에 따라 충진율 및 개방전압이 감소함을 알 수 있다.

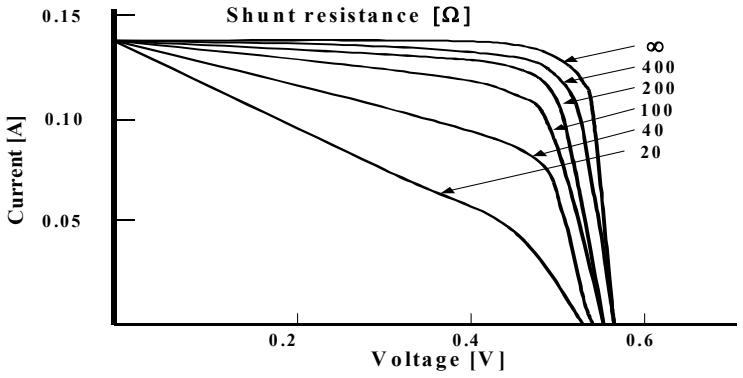


Fig. 9 Effect of shunt resistance in the I-V characteristics

3. 태양전지의 전기적 특성

태양전지에 저항부하를 연결하여 개방상태에서 단락상태로 서서히 저항을 가변 하면 그림 10와 같이 태양전지의 전압, 전류의 변화를 볼 수 있다. 즉, 개방상태에서는 전류가 0[A]이고, 이때의 전압값을 개방전압(V_{oc})이라 한다. 저항값을 감소시키면 전류는 증가하는 반면 전압은 감소하며 곡선부분에서는 전압의 감소가 적으며 일반적인 건전지의 정전압원 특성을 나타낸다. 저항값을 더욱 감소시켜 단락상태로 근접시키면 전류의 변화는 적어지며 정전류원 특성을 나타낸다. 저항을 0으로 하면 완전 단락상태로 전압은 0[V]이며 이때의 전류를 단락전류(I_{sc})라 한다.

태양전지의 출력전력은 출력전압과 출력전류의 곱으로 계산되며 그림 11와 같이 포물선의 형태로 나타난다.

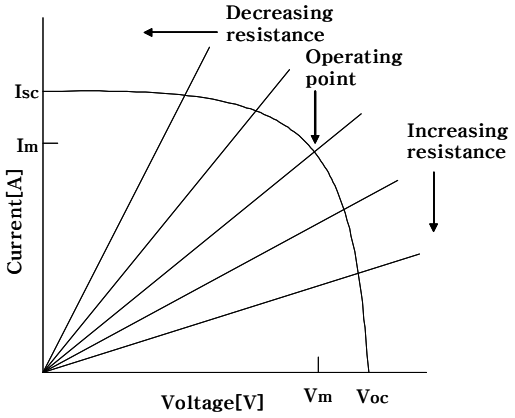


Fig. 10 Operating characteristics at different resistance

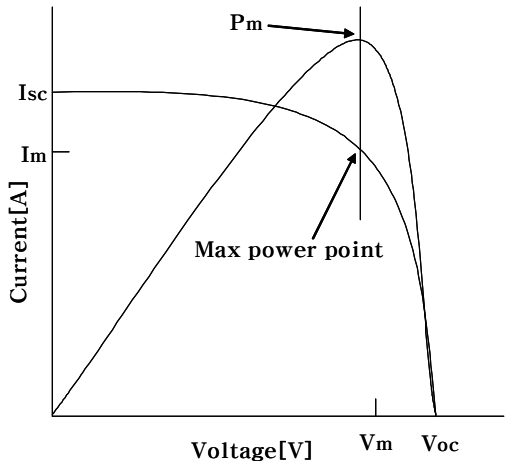


Fig. 11 Maximum output voltage and maximum power point of solar cell

일반적인 태양전지는 일사량변화에 대하여 그림 12와 같은 전류-전압 특성을 갖고 있다. 일사량 변화에 따라 출력전압의 변화는 미소하지만 단락전류는 크게 변화되는 것을 알 수 있다.[9]

또한 태양전지는 온도에 의존하는 특성을 가지고 있다. 그림 13은 온도 변화에 따른 태양전지의 전류-전압특성을 나타내고 있으며, 온도변화에 따라 전류는 미소하게 변하고 있지만 출력전압은 큰 영향을 받음을 알 수 있다.

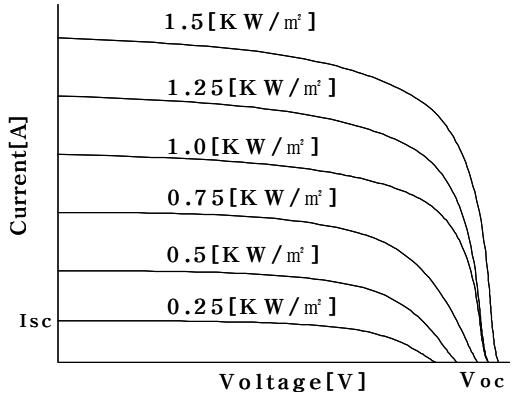


Fig. 12 I-V characteristics at different irradiation

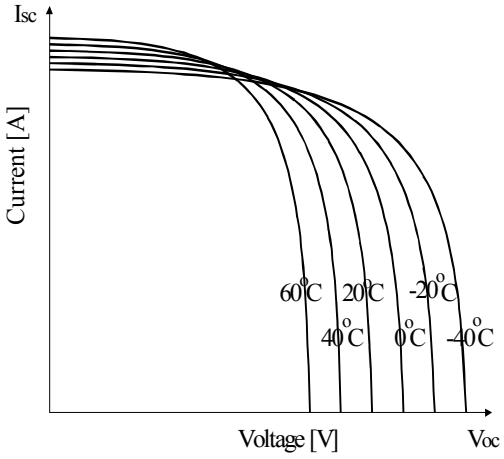


Fig. 13 I-V characteristics at different temperature

4. 태양광발전시스템 구성

태양광발전시스템의 구성은 일반적으로 시스템의 이용처, 부하의 종류, 시스템의 크기, 입지조건 등에 따라 다르지만 그 기본 구성은 다음과 같다. 태양전지 어레이의 태양전지 소자를 직렬이나 병렬로 연결하여 직접 DC전력을 발생하기 때문에, 직류부하인 경우에는 DC-DC 변환장치를 이용하여 가장 효율적인 전압으로 출력에 측에 축전지를 접속하여 사용하며, 또한 교류부하인 경우 DC-AC 변환장치가 필요하고 경우에 따라 축전지를 접속하며 태양광발전시스템에서는 일반적으로 일사조건과 부하 사용시간이 다르고 일사량 또한 시간에 따라 다르므로 발전된 전력을 저장할 수 있는 축전지를 갖는다.

DC-DC 변환장치는 태양전지 출력이 일사량, 온도, 기타 주위 환경등에 따라 항상 최대 전력점 전압 및 전류가 변하는 특성을 가지고 있다. 그러므로 승압형 초퍼, 강압형 초퍼, 승강압형 초퍼의 듀티비를 제어하여 태양전지 출력이 항상 최대 전력점에서 동작할 수 있도록 하며, 또한 DC-Dc변환기의 출력전압을 일정하게 유지하여 축전지나 부하로 공급해 주는 역할을 한다.

DC-AC 변환장치는 UPS, PWM 컨버터, 무효전력 보상장치 등에 널리 이용되는 전파브리지 인버터 회로를 주로 사용하며 전압 및 주파수 조정 기능을 갖고 있다.

태양광발전시스템에서 이러한 인버터는 전체 시스템의 효율에 큰 영향을 끼치므로 인버터의 스위칭 및 도통손실을 최소화시킴과 동시에 인버터 출력단에 연결된 필터용량을 최소화시켜 무효전력에 의한 손실을 최소화해야한다. 또한 상용전원과 연계하는 경우는 연계장치가 필요하다.

연계장치는 전력계통에 문제가 발생했을 때 태양광발전시스템과 전환하는 보호제어장치가 필요하고 또한 고조파 억제 필터나 전력계통으로부터 서지의 방지 및 전력조류의 방향에 의해 전력량을 계량할 수 있는 전

력량계 등 이 필요하다. 시스템 구성방식은 태양전지 어레이에서 발생되는 직류전력은 하루 중의 일사량이나 기후조건에 따라 크게 변동하기 때문에 전원과 부하사이의 전력을 조화시킬 필요가 있으며 도서 및 산간벽지 등 특수전원용으로 사용하는 독립형 태양광발전시스템과 상용전력계통과 연계하여 사용하는 계통연계형 태양광발전시스템으로 구분되며 용도별로 구분하면 주택용, 낙도전원용, 대규모 전력공급용 및 기타 특수용으로 분류된다.

a. 독립형 태양광발전방식

독립형 태양광발전방식은 전력계통으로부터 전력을 공급받지 못하는 낙도나 산간벽지, 무인등대, 무인중계소, 인공위성 등에 축전지나 인버터를 이용하여 DC부하 또는 AC부하에 전력을 공급하는 시스템이다. 직류부하용 발전방식은 부하가 직류전원을 요하는 경우이며 주로 소용량이고 계통선과 원거리에 떨어져 있을 경우에 이용되고 있으며 주로 무인등대, 시계탑, 통신장비용 전원 등에 이용된다. 이 발전방식의 구성은 다음 그림 14와 같이 과전압 안정회로를 부착한 축전지 저장방식으로 전압 조정기 내에 과전압 보호 장치가 설치되어 있어 항상 일정 전원을 축전지에 공급하여 운전하는 가장 간단한 방식이다.

그리고 이러한 시스템에 백업 시스템을 보완시킨 축전지 저장방식으로 축전지 전력이 떨어질 경우 백업 시스템으로 축전지를 충전하여 운전하여 직류부하용 시스템으로서는 가장 이상적이고 효율적인 운전방식이다.

AC부하용 태양광발전방식은 DC 부하용 시스템에 직류-교류 변환장치를 그림 15과 같이 구성하여 축전지에 저장한 전력을 교류로 변환시켜 직접 교류부하에 사용하는 방식으로서 비교적 수용전력이 소규모인 곳에 사용된다.

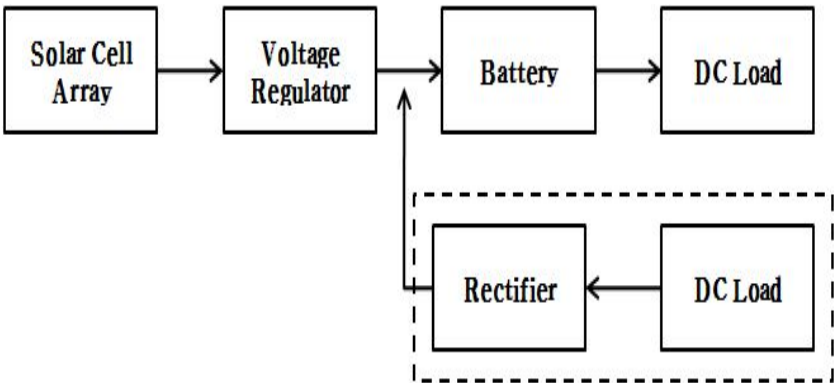


Fig. 14 The block diagram of stand-alone PV system for DC load

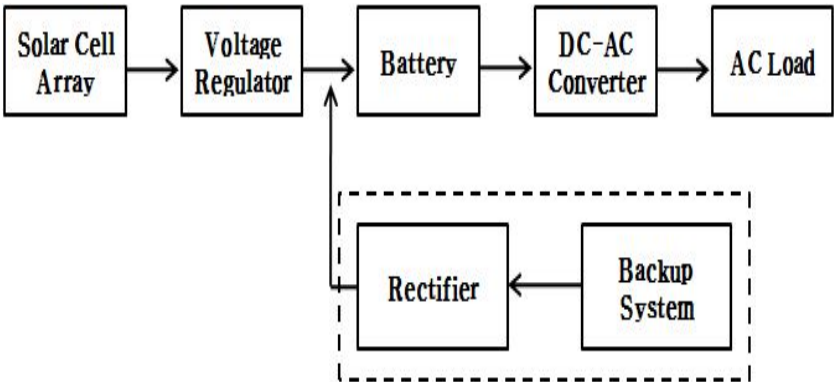


Fig. 15 The block diagram of stand-alone PV system for AC load

b 계통연계형 태양광발전방식

계통연계형 발전방식은 PV모듈과 인버터를 직접 연결함으로서 PV모듈로부터 발생되는 직류 전원과 계통선의 교류 전원을 균형 있게 유지하여 AC부하에 전력을 공급하는 시스템이다. 이 시스템은 단방향 연결형과 양방향 연결형으로 구분할 수 있으며, 단방향 계통선 연결방식은 주택용, 공장용 전원 등으로 많이 이용되는 운전방식으로서 단방향 계통선 연계형 인버터를 사용하여 부하에 전력을 공급하며 축전지를 사용하지 않고 운전한다. 그리고 계통선에서는 태양전지에서 공급되는 전력의 부족분만을 부하로 공급하는 시스템으로서 그림 16과 같이 구성된다.

그림 17 양방향 계통선 연계방식으로 대용량발전소의 경우나 주택용전원 등에 이용하는 시스템으로 계통선 연계형 인버터를 직접 태양전지와 연결하여 PV모듈로부터 발생된 인버터 출력이 부하가 필요로 하는 전력보다 클 경우 그 잉여전력은 계통선으로 공급되며, PV모듈로부터 발생된 인버터 출력이 부하가 필요로 하는 전력보다 적을 경우 부족한 전력은 계통선에서 공급된다.

그러나 계통연계형 시스템에서 PV모듈의 발생전력은 인버터를 지나 계통선과 직접 연결되어 있기 때문에 인버터 발생고조파와 유효전력과 무효전력의 동요는 직접 전력 계통선에 영향을 미치게 된다. 계통선에는 많은 시스템들이 연결되어 있고 시스템의 발생전력과 수요전력이 균등상태에 있다면 계통선에서의 문제들은 찾기가 매우 어렵다. 그러므로 안전성에 관련된 기술적인 문제들이 나타나게 되며, 이러한 기술적인 문제점 해결을 위해 태양전지와 계통선 사이에 전기적인 절연이 필요하며, 시스템의 제어장치가 복잡해진다. 그러나 연계 발전방식은 보수가 없고 고가의 축적설비가 필요 없으며 시스템효율이 높기 때문에 주택용 PV시스템으로 사용하기 위한 가장 이상적인 시스템 발전방식이라 할 수 있다.

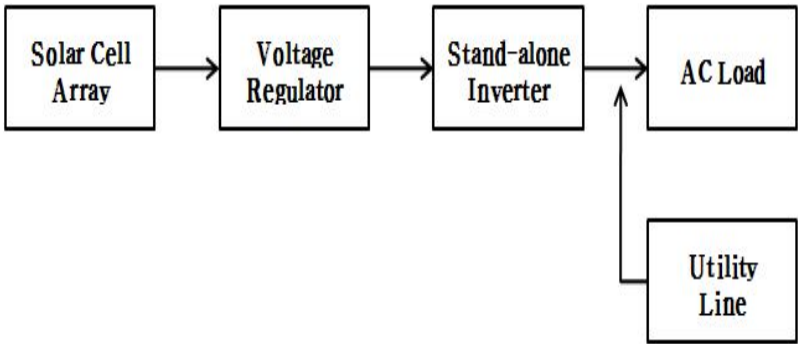


Fig. 16 The block diagram of the unidirection utility interactive PV system

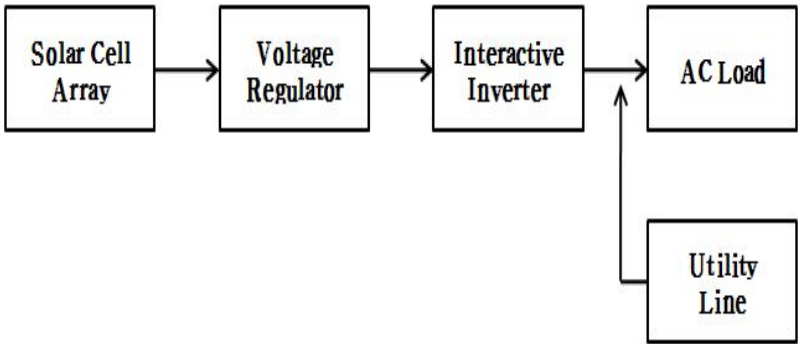


Fig. 17 The block diagram of the biidirection utility interactive PV system

B. 풍력발전시스템

1. 풍력발전시스템

풍력발전이란 공기의 유동이 가진 운동에너지의 공기역학적 특성을 이용하여 회전자(rotor)를 회전시켜 기계적 에너지로 변환시키고 이 기계적 에너지로 전기를 얻는 기술이다. 풍력발전기는 지면에 대한 회전축의 방향에 따라 수평형 및 수직형으로 분류되고, 주요 구성요소로는 날개와 허브로 구성된 회전자와 회전을 증속하여 발전기를 구동시키는 증속장치, 발전기 및 각종 안전장치를 제어하는 제어장치, 유압 브레이크장치와 전력제어장치 및 철탑으로 구성된다.[12]

2. 풍력발전시스템 장치

풍력발전의 구성은 블레이드, 요구동장치 등의 기계장치 및 발전기로 구성되는 풍력발전기, 역변환장치, 제어장치는 기계적 제어장치(피치각제어, 요각제어, 브레이크제어)와 역변환장치의 제어, 발전장치와 계통연계를 위한 연계보호 설비로 설명할 수 있다.

① 풍력발전장치 : 기계장치, 발전기
② 역변환장치 : 직접연계장치, 전력변환장치
③ 제어장치 : 발전기제어장치, 역변환 제어장치
④ 연계보호장치 : 보호계전장치, 차단기, 개폐기

a 기계장치

① 블레이드(날개)

풍력발전의 회전력을 얻는 부분으로서 2매 및 3매 방식이 있다. 3매 방식은 2매 방식에 비해 연간 발전량이 수%정도 유리하며, 진동특성의 면에서도 유리하다. 2매 방식은 날개를 수평으로 유지할 수 있기 때문에 바람의 방향에 관계없이 flatter의 위험성을 적게 할 수 있어 강풍시 날개에 걸리는 하중을 작게 할 수 있다. 따라서 나셀 및 타워의 경량화를 꾀할 수 있다.

② 로토

날개를 회전축에 붙이기 위한 허브 및 날개피치각의 가변구조로 구성되어 있다. 로토는 바람으로부터 에너지를 흡수함과 동시에 시스템의 안정성을 확보하는 중요한 요소이다.

③ 나셀 유니트

풍력에 의해 얻어진 로터의 회전에너지를 전기로 변환하는데 필요한 장치와 변동하는 풍향 및 풍속에 대한 제어구동장치를 결합한 부분이다. 가변 피치각 구동장치, 요구동장치, 브레이크, 발전기 등으로 구성된다.

④ 가변 피치각 구동장치

기동 풍속이상시 로터의 기동 토오크를 충분히 얻기 위한 기동운전, 정격풍속이상에서의 정격출력을 일정히 하기 위한 정격운전 및 강풍속(cut-out 풍속이상)시 또는 저풍속(cut-in 풍속)시의 정지등에 날개의 피치각을 적절히 변화시켜 로터의 회전수 및 출력을 제어하는 장치이다. 가변 피치 구동장치는 변동이 심한 하중조건을 이겨낼 필요가 있으며, 또한 한랭지에서의 사용조건을 고려해 로터 주축실내에 가변피치구동용 유압실

린더와 회전기수 등을 갖는다. 날셀내에 설치된 유압유니트에 의해 구동되는 쪽이 안전하며 저렴하다.

⑤ 요구동장치

프로펠러형 풍차의 경우, 끊임없이 변동하는 풍향에 대해서 효율좋게 에너지를 얻기위해 날개를 풍향에 정면으로 할 필요가 있다. 이 때문에 요제어는 날개의 강도 및 진동측면에서도 대단히 중요하다.

⑥ 브레이크

강풍시 및 이상시 또는 보수점검시 로터를 정지시키기 위해 필요한 장치이다. 로터를 정지시킬 경우, 날개를 가변피치구동장치에 의해 훼더링시켜 로터를 충분히 감속 내지는 정지시킨 후에 브레이크를 동작시키도록 하면 소형화가 가능하다.

⑦ 발전기

풍속에 의해 회전에너지를 전기에너지로 변환하는 장치로서 동기발전기와 유도발전기가 있다. 일반적으로 발전기는 증속기를 개입시켜 풍차에 직결되어 나셀내에 설치된다.

⑧ 타워

타워는 트래스식과 모노포울식의 2종류가 있다. 모노포울방식은 트래스식에 비해서 경량이고 제적이 용이하며, 현지조립도 단시간내로 가능하다.

b 발전기

풍력발전을 위하여 사용되는 발전기는 농형 유도발전기, 권선형 유도발전기, 일반 권선형 동기발전기, 영구자석형 동기발전기가 있다.

① 농형 유도발전기

그림 18은 풍력발전에 가장 많이 사용되는 발전기로 계통과 직접 연계가 가능하고, 구조가 간단하고, 가격이 저렴하며 유지보수비용이 적다.

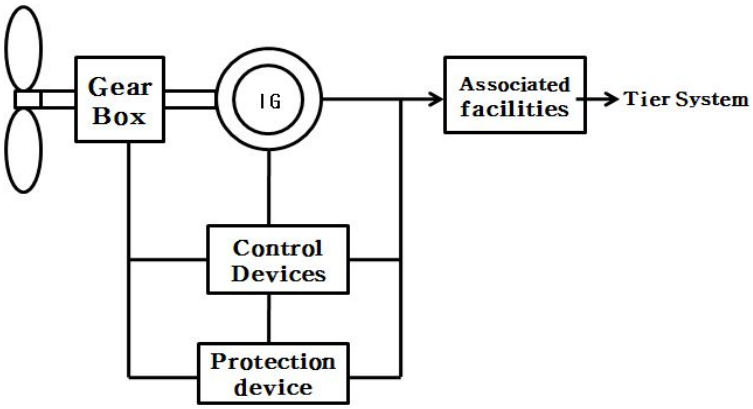


Fig. 18 Squirrel Induction Generator

② 권선형 유도발전기

가변속 정주파수 운전특성을 가지고 있어 그림 19와 같이 계통과 직접 연계가 가능하고, 회전자여로를 통한 여자제어로 운전영영의 확장이 가능하다.

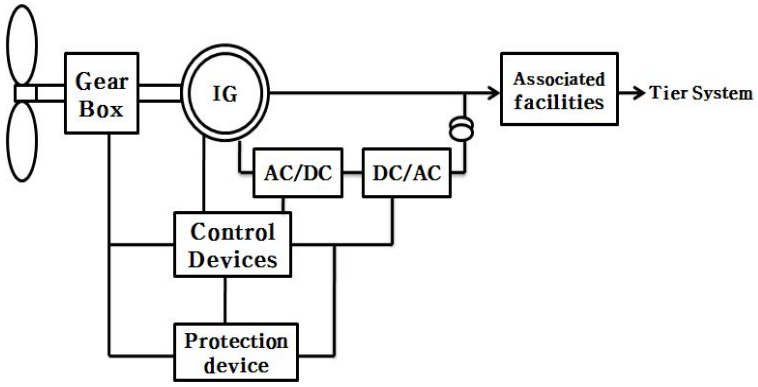


Fig. 19 Winding Induction Generator

③ 영구자석여자 동기발전기

가변속 운전영역을 가지고, 전력변환장치에 의한 연계가 그림 20과 같이 되며 특징으로 높은 효율, 높은 출력밀도, 소형 경량화, 유지보수비용이 적은 장점이 있다. 단점으로 가격이 너무 고가이며, 대용량 기기의 상용화가 미흡하다.[13]

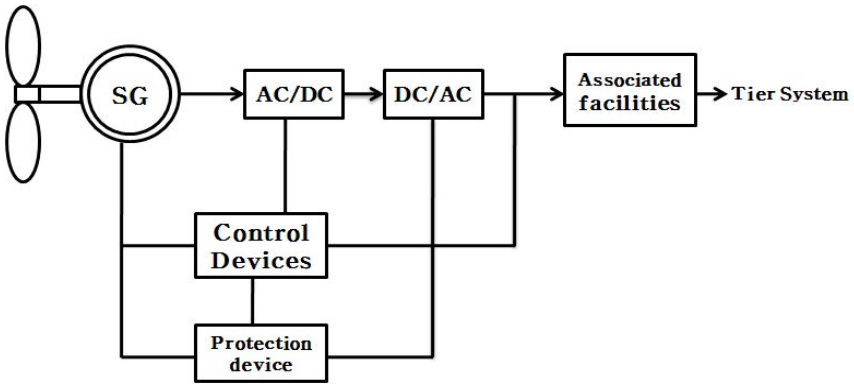


Fig. 20 Permanent magnet synchronous generator

3. 풍력발전시스템의 운전방식

풍력발전의 기술수준은 대략적으로 시스템의 규모로서 구분할 수 있는데, 시스템의 규모는 시스템의 효율성 및 생산성을 고려한 운전방식에 따라 구분된다고 할 수 있다. 즉, 선진 외국에서는 에너지를 공급할 지역의 부하용량 및 풍력발전시스템을 개발하여 다양한 운전방식으로 이용하고 있다. 현재 선진 외국에서 운전하고 있는 방식은 크게 4가지로 나눌 수 있는데, 단위동력, 전원공급방식, 복합발전방식 그리고 풍력발전단지로 나눌 수 있고, 각각의 방식에 따라 기술적인 특징을 지니고 있다.

a 단위전원공급방식

그림 21은 전형적인 단위전원공급방식의 계통도를 나타내고 있는데 이 방식은 계통선 연계가 불가능한 지격에서 주로 이용되고 있으며, 풍력시스템의 규모는 수 kW 정도에서 수십 kW정도이며 경우에 따라서는 안정적인 전원의 공급을 위해 태양광발전 또는 소형 디젤발전과 복합발전형태로 운전되기도 하고 직접 기계적 축동력의 양수 등에 이용하는 방식으로도 이용되기도 한다. 금세기 초까지만 해도 약 500만대 이상의 소형 시스템이 전원공급 및 양수용으로 이용되었고, 현재는 소형 직류발전은 축전지 축전용으로 소형 (20kW 내외) 교류 발전방식의 소형단위별 전원 공급용, 또는 직접적인 축동력 이용과 난방목적으로 전 세계적으로 수 천대의 시스템이 가동중에 있고, 미국의 경우에는 1930년도 이후로 남극점의 관측기지에서 전원공급용으로 소형 풍력발전시스테을 이용하고 있다.

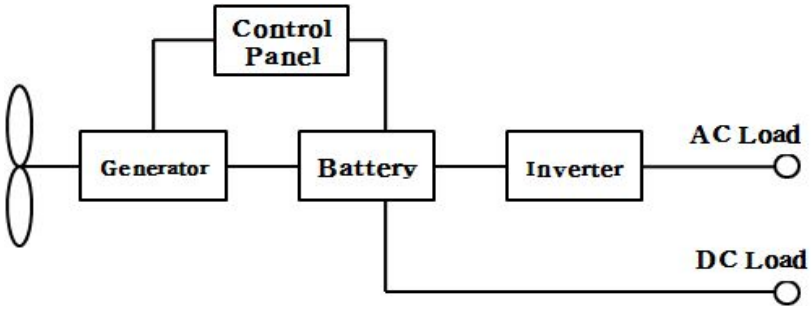


Fig. 21 A distribution diagram of alone power system

b. 복합 발전방식

복합 발전방식은 기존 전원공급을 위한 연료의 사용절감이 경제적인 효과를 나타낼 수 있는 지역에서 주로 이용되는 방식으로 그림 22에 전형적인 풍력과 디젤복합발전 계통도를 나타내고 있다.

풍력과 디젤복합발전은 현재 가장 널리 이용되고 있는 복합발전방식으로 디젤발전에 사용되는 유류의 소비를 절감하는 목적으로 많이 이용되고 있으며, 주로 연평균풍속이 4m/sec 이상이고 최소의 부하용량이 100kW 이상의 도서지방이나 오지의 통신소 등에서 많이 이용되고 있다.

이 방식에서 풍력발전은 디젤발전을 보조하는 역할을 하는데 바람이 불어 풍력에너지에 의해 전력이 생산되면 곧바로 분배장치를 통해 일반부하로 전달되고 제어기는 이를 감지하여 디젤엔진의 부하를 줄이는 방식으로 운전되며, 보통 복합발전방식은 다양한 규모와 다양한 용도로 구성될 수 있는데 미국의 경우, 에너지성에서 공동연구협력 하에 시스템의 모델링과 시장조사를 수행하여 일반산업계를 지원하여 기술적으로 적절한 복합발전방식의 설계가 가능하게 되었다.

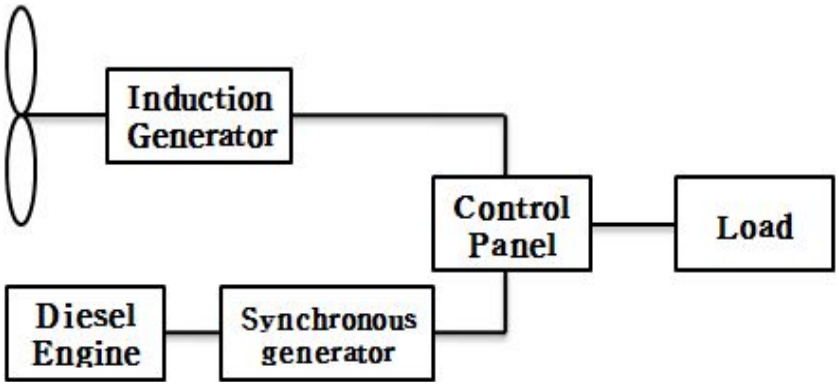


Fig. 22 A distrbution diagram of wind power/diesel compound generation

III. 실험 및 결과

A. 시스템 구성

본 논문은 중·고등학교 실험실 환경하에서 소규모 태양광 및 풍력발전의 기상 조건에 따른 발전 특성을 알아보기 위한 것으로, 그림 23은 시스템 구성도로서 태양광 또는 풍력발전을 입력으로 같은 부하에 전력을 공급하도록 설계하였다. 시스템의 구성은 태양광발전부, 풍력발전부, 보조발전장치, 제어부, 컨버터, 인버터 등으로 구성되어있다. 입력부에는 역류방지와 보호를 위하여 다이오드와 퓨즈를 사용하였다. 제어부는 기본적으로 컨버터의 스위칭 동작을 위한 PWM 제어를 행하였다. 제어 알고리즘을 적용하였으며 입력값이 저전압이므로 부스트 컨버터를 채택하여 설계하였고, 보조 발전 장치를 추가하여 발전부의 불연속적인 출력을 보상하였다. 그리고 태양광의 일사각에 맞도록 각도 조절이 가능한 태양전지 패널을 사용하였으며 표 1과 같다.

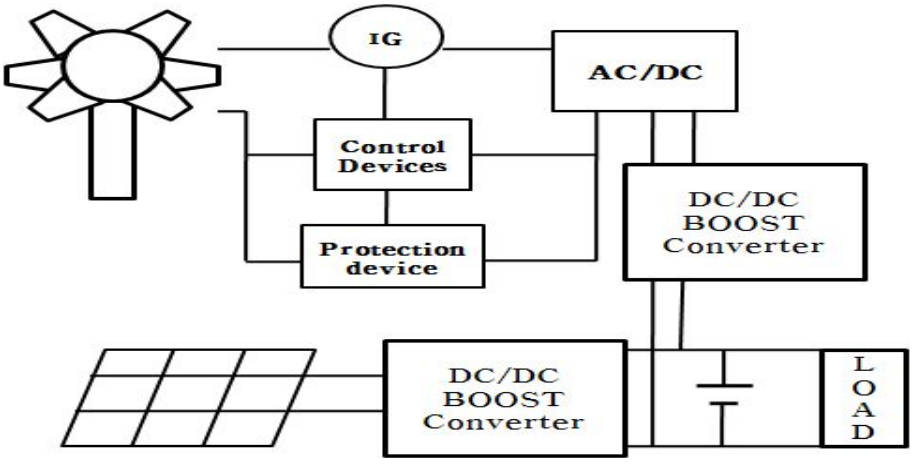


Fig. 23 Solar and wind hybrid system configuration

Table 1 Systerm specifications

Solar panels	Module nominal voltage : 12V
Solar panels	Module rated power : 30W Open Circuit Voltage : 22V Short Circuit Current : 1.91A
Lighting	300W
Wind gauge	Wind speed : 0.4m/s~30m/s Temperature: 0°C~+50°C
Design Structure	Material : AL Profile 40mm SIZE : 670*540*1800 Solar Cells: Angle (0~180°)

풍력 발전기는 1개의 주발전기 (Main Generator)와 6개 날개 (Aerofoil Blades) 및 1개의 선단덮개(Nose Dome)로 되어있다. 풍력 발전기는 자유로이 움직이는 기류에서 작동하고, 초당 2.6(m/s)가동, 20.6(m/s)에서 12V, 80(W/h)출력이 나오며, 풍속으로부터 배터리로 보낼 파워를 생성한다. 생성되는 12V의 직류 전원은 터빈에 풍속과 직접 연계된다. 이 기상 센서 조립은 풍력 발전기와 태양 전지판의 근처에서 측정해야만 하며, 기상센서는 표 2와 같이 풍속, 풍향, 조도레벨 및 온도 등을 측정한다.

Table 2 Meteorological sensors

Wind gauge	0.4m/s~30m/s
Temperature	0°C~+50°C
Roughness	0 lux ~ 20,000lux

그림 24은 부스트 컨버터 블록다이어그램을 나타내고 있다. 각 PV 스트링의 전압 및 전류를 센싱하여 MPPT 제어를 하고 PWM 신호를 발생하여 승압하여 DC BUS로 출력된다.

그림 25은 포토커플러 TLP250을 이용한 MOSFET 게이트 드라이브 회로를 나타내고 있으며 그림 26는 PV 전압 및 DC 출력전압을 검출하기 위한 전압 피드백 회로를 나타내고 있다. DC 전원부와 제어부의 절연을 위하여 포토커플러를 이용하였으며 피드백 회로의 경우 포토커플러의 응답 지연 등 위상지연을 보상하기 위하여 R_f,C_f직렬회로를 연결하였다. PV 전류는 홀센서를 이용하여 검출하였고 그림 27은 홀센서를 이용한 전류 검출회로이다.

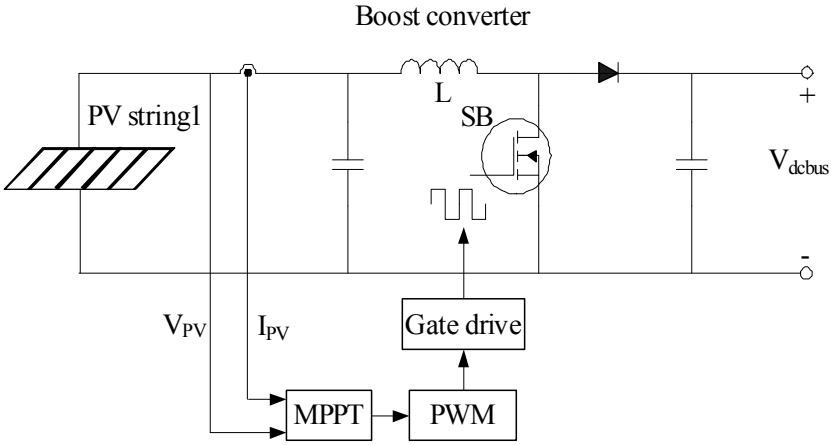


Fig. 24 Block diagram of the boost converter

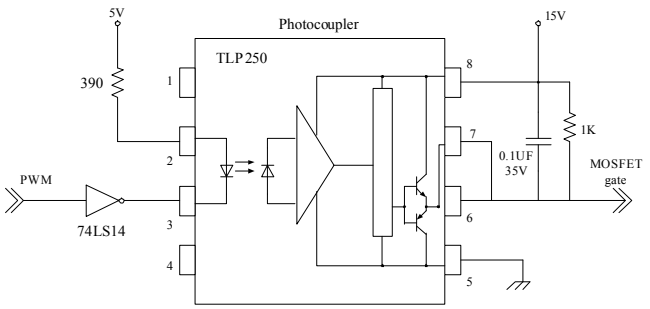


Fig. 25 MOSFET gate drive circuit

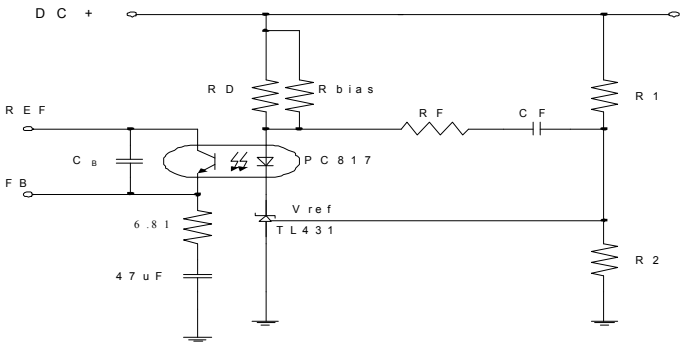


Fig. 26 DC voltage feedback circuit

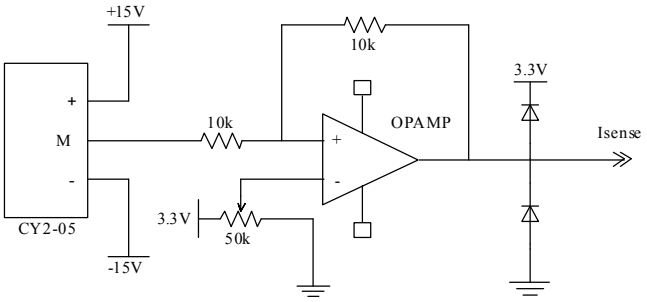


Fig. 27 DC current sensing circuit

본 연구에서 발전시스템의 컨버터 설계에 있어서 다음과 같은 사항을 적용하였다.

첫째, 인덕터 값을 결정하는 L은 식 (13)과 같이 표현된다.

$$L = \frac{V_o D_{\min} D_{\max}^{2} T}{2 I_{omin}} \tag{13}$$

권선 수는 에어갭(Air-gap)과 AL값을 통하여 식 (14)와 같이 산출 할 수 있다.

$$N = \sqrt{\frac{L}{AL}} \tag{14}$$

둘째, 커패시터는 출력단의 커패시터 값은 식 (15)와 같이 유도하여 산출 할 수 있다.

$$C = \frac{DT}{R} \cdot \frac{V_o}{\triangle v_o} \tag{15}$$

커패시터에 흐르는 리플 전류의 실효치는 식 (16)과 같이 구할 수 있다.

$$I_{os} = I_{omax} \sqrt{\frac{D_{\max}}{D_{\min}}} \tag{16}$$

마지막으로 스위치의 선정에는 스위치가 OFF상태일 때 양단에 걸리는 최대전압 V DS_{max}과 ON상태일 때 걸리는 최대전류 I D_{max}, 전도손실을 최소로 하기 위한 RDS(ON)등이 고려되어야 한다.

B. 태양전지 특성 실험

1. 태양전지 모듈의 I-V 특성곡선 측정

태양전지 모듈의 I-V 특성곡선을 측정하기 위해 그림 28과 같이 DC LOAD의 Resister를 DVM을 이용하여 2Ω으로 조정한다. 그리고 태양전지 모듈 PV Output로부터 나온 전원 케이블을 전압계와 병렬로 연결하고, 전류계에 + 극성을 연결하고 DC LOAD의 Resister의 - 단자에 연결한다. 태양전지에 입사전 일사량 가변을 위해 램프를 이용하여 태양전지 모듈에 광이 잘 비추어지도록 하고, 태양전지판은 램프와 서로 마주보도록 한다. 이때의 태양전지 모듈과 램프 사이의 거리는 대략 40cm정도로 하며, 태양전지 모듈이 가동 준비가 되도록 약 5분정도 기다린 다음 실험을 하면 비교적 일정한 온도에서 특성곡선을 기록 할 수 있다.

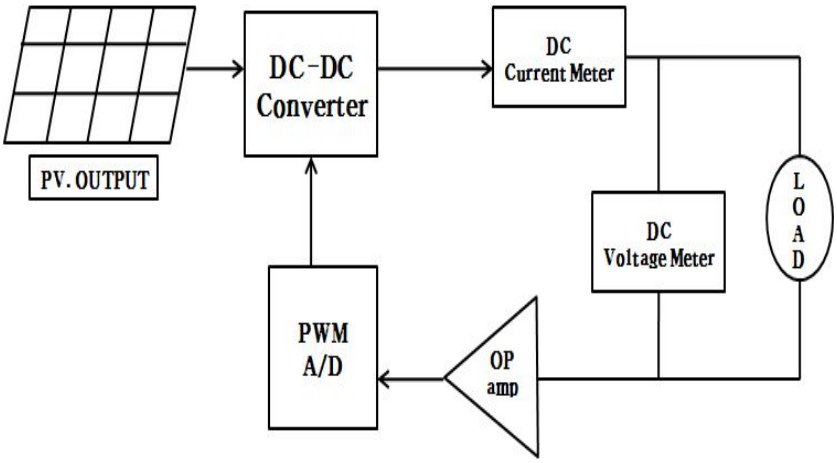


Fig. 28 Schematic of the output characteristics of solar cells

처음에는 단락 전류를 측정하고, 저항값 가변에 따른 전압과 전류를 측정한다. 마지막에는 저항을 개방한 상태에서 측정하며, 측정 결과는 표 3과 같고 그림 29와 같이 나타내었다.

Table 3 Resistance due to changes voltage and current output

Resistance[Ω]	Voltage[V]	Current[A]
0	17.9	0
2	0.03	0.2
5	0.07	0.2
8	1.2	0.2
10	1.5	0.2
16	2.3	0.2

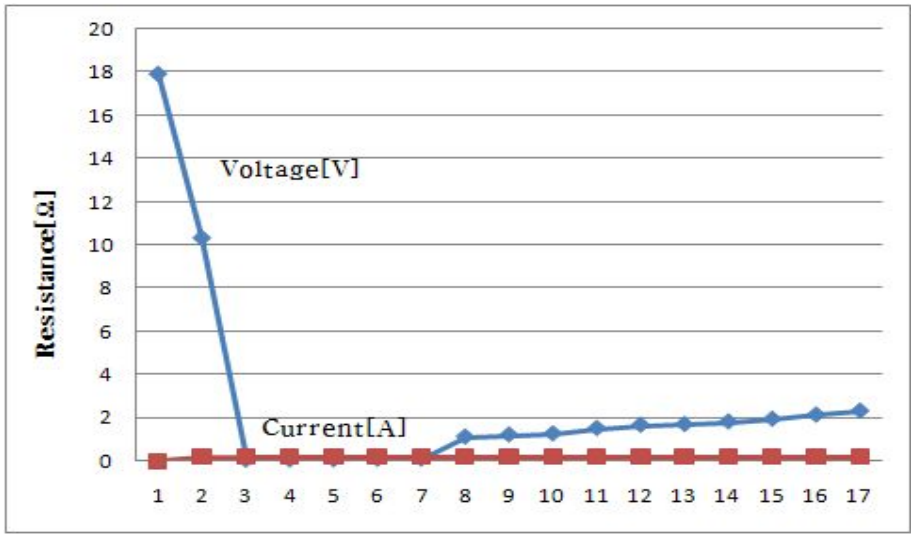


Fig. 29 Resistance due to changes voltage and current output Graph

2. 입사각에 따른 광전류 측정

입사각에 따른 광전류를 측정하기 위하여 앞의 그림 28과 같이 장비를 설치하고, 각도기를 이용하여 태양전지 모듈을 0°위치에 맞추고 램프를 통해 빛이 태양전지 모듈에 잘 비추고, 입사되는 광원의 각도는 태양전지 모듈을 기울여 조정할 수 있으며 각도기로 광원으로부터의 입사각을 측정한 결과 다음 표 4와 같고 그림 30와 같이 나타내었다.

Table 4 Photocurrent from light measurements taken from a different angle

Angle[°]	Current[mA]
0	0.2
10	0.2
20	0.19
40	0.15
60	0.09
80	0.03
90	0

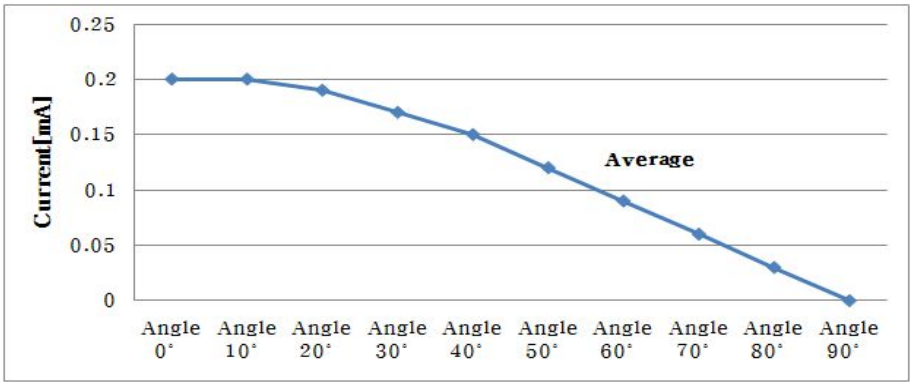
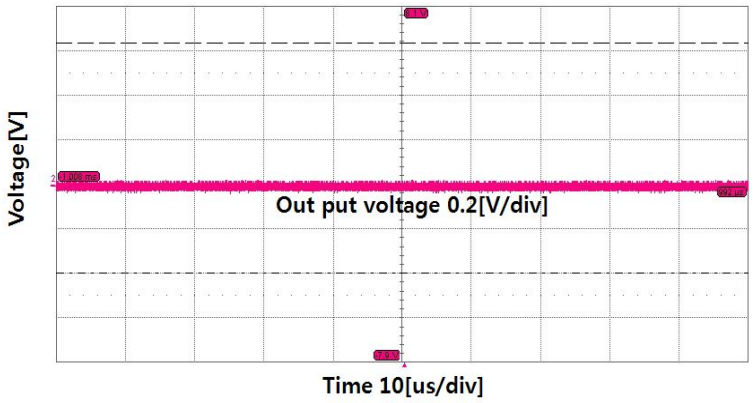
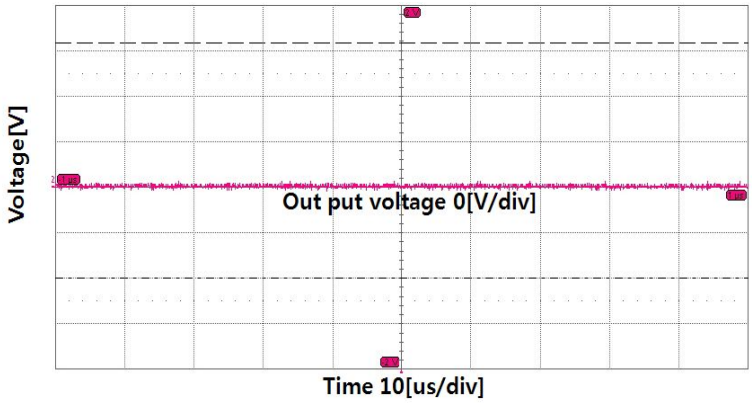


Fig. 30 Photocurrent from light measurements taken from a different angle graph

태양전지의 출력전압 측정 결과 그림 31(a)와 같이 모듈의 각도가 0°에서 즉 빛을 태양전지 모듈에 직각으로 비추었을때 0.2[V]로 최고값이 되며, 그림 31(b)와 같이 90°에서 광전류는 출력되지 않음을 알 수 있었다.



(b) angle 0°



(b) angle 90°

Fig. 31 Photocurrent from light measurements taken froma different angle

C. 풍력발전 특성 실험

풍력발전은 교류전력이 출력되기 때문에 AC/DC컨버터를 사용하여 직류전력으로 변환시켜주고, 특성 실험을 하기 위하여 각 단자를 그림 32와 같이 접속하고 풍속계와 선풍기의 거리는 30cm를 유지하고, 이때의 부하저항은 최대 16Ω으로 설정하였다. 사용된 풍력발전기는 자유로이 움직이는 기류에서 작동하고, 초당 3미터(m/s)의 풍속으로부터 파워를 생성하기 위해 디자인하였다. 풍력의 특성 실험은 선풍기를 LOW, MED, HIGH에 놓고 같은 방법으로 풍속계와 선풍기의 거리를 30,40,50cm로 조절하여 풍속을 측정 하여 다음 표 5, 6, 7로 나타다.

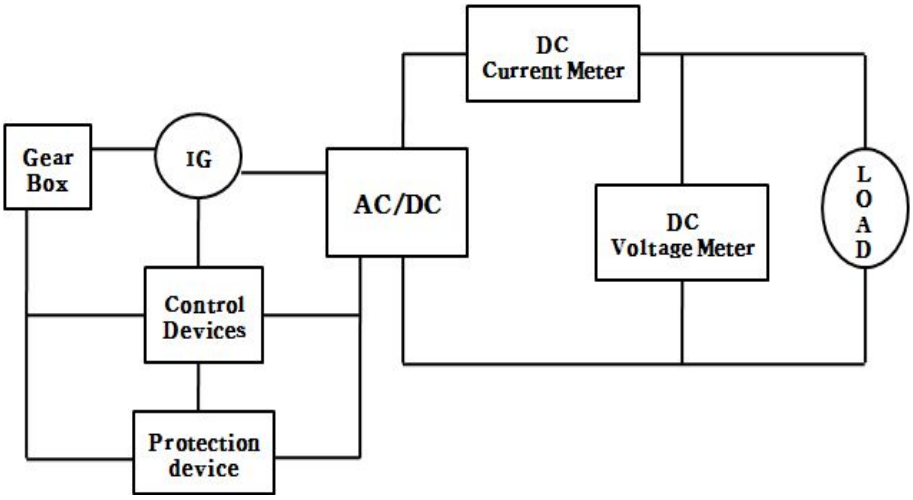


Fig. 32 Experiments on wind power characterization

Table. 5 Characteristics of wind energy output in 30cm

Fan speed	Wind speed(m/s)	Current	Voltage
LOW	2.4	0	0.1
MED	3.6	0.08	1.1
HIGH	4.6	0.2	2.4

Table. 6 Characteristics of wind energy output in 40cm

Fan speed	Wind speed(m/s)	Current	Voltage
LOW	1.8	0	0
MED	3.1	0.06	0.08
HIGH	3.8	0.18	2.1

Table. 7 Characteristics of wind energy output in 50cm

Fan speed	Wind speed(m/s)	Current	Voltage
LOW	1.6	0	0
MED	2.7	0.05	0.7
HIGH	3.8	0.16	1.9

그림 33(a)은 선풍기를 HIGH에 놓고 풍속계의 거리가 30cm에서의 출력 전압과 전류를 측정한 파형이고, 그림 33(b)은 선풍기를 HIGH에 놓고 풍속계의 거리가 40cm에서의 출력 전압과 전류를 측정한 파형이다. 그리고 그림 33(c)은 선풍기를 HIGH에 놓고 풍속계의 거리가 50cm에서의 출력 전압과 전류를 측정한 파형이다.

그 결과 선풍기와 풍속계의 거리가 가장 가까운 거리인 30cm 즉, 풍속이 가장 빠른 상태에서 2.4[V], 0.2[A]의 가장 큰 전력이 출력됨을 알 수 있었다.

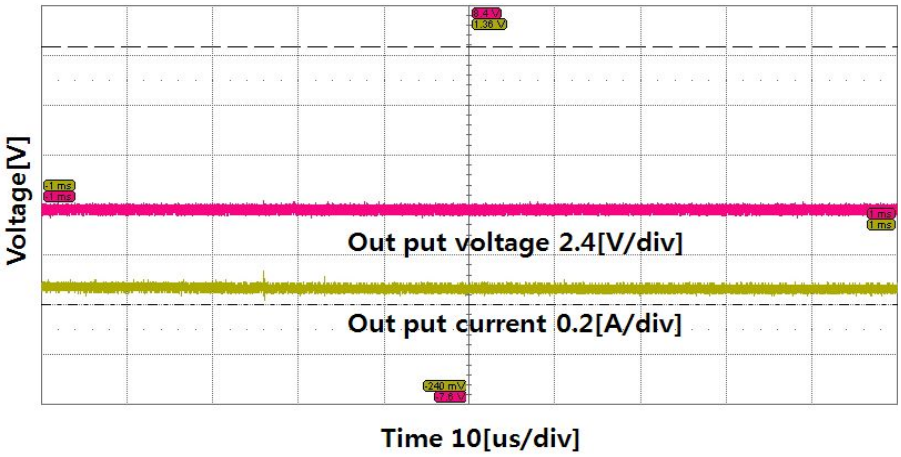
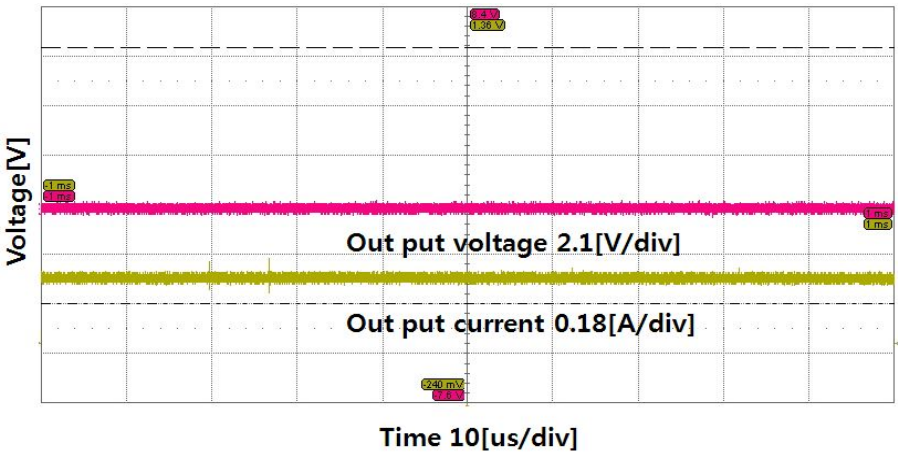
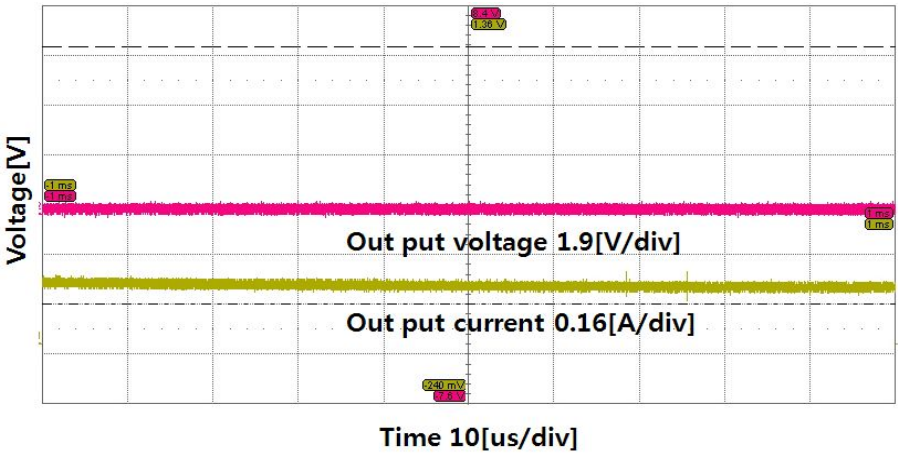


Fig. 33 Characteristics of wind energy output



(b) 40cm



(c) 50cm

Fig. 33 Continues characteristics of wind energy output

IV. 결 론

본 논문에서는 직류전력인 태양광발전과 교류전력인 풍력발전의 특성을 검토한 것으로, 기후적인 영향을 많이 받는 태양광과 풍력 발전의 원리 및 특성 이해와 복합적인 상호 보완적인 관계를 다음 실험을 통해 알아보는것을 목적으로 하였다. 먼저, 태양광발전의 태양전지 모듈의 I-V 특성 측정과 입사각에 따른 광전류를 측정하였고, 풍력발전의 풍속과 거리에 따른 전력발전량을 측정하여 연구 비교한 결과,

첫째, 저항을 증가시켰을 경우 전류량은 변하지 않았지만 전압이 증가하여 전력량이 증가하였음을 알 수 있었다.

둘째, 태양전지 모듈의 출력 전력은 광원에서부터 입사되는 각각의 광량 조건에 따라 직접적으로 결정되므로 광전류는 빛을 태양전지 모듈에 직각으로 비추었을 때 최고값이 됨을 알 수 있었다.

셋째, 풍력발전의 특성을 측정하기위해 가변속 선풍기를 이용하여 풍력발전기의 위치를 변화시킨 결과 선풍기와 풍력 발전기의 거리가 가까웠을 경우와 바람의 세기가 더 강했을 경우 더 큰 전력이 생산되는 것을 알 수 있었다.

본 논문은 신재생에너지원인 태양광 및 풍력 시스템의 발전특성에 대한 연구로써, 태양광과 풍력 발전의 원리를 이해하고 실험을 통하여 태양광발전과 풍력발전의 특성이 기후조건에 따라 전압, 전류, 발전량이 변화됨을 입증하고 분석하였다. 이러한 태양광발전과 풍력발전 시스템은 서로 상반된 기상 특성을 가지고 있으므로 상호 보완적으로 활용한다면 에너지를 보다 효율적으로 이용될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

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

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

[3] 이재형외 "태양전지 원론", 홍릉과학출판사, pp. 102~104, 2005.

[4] Tomas Markvart, "Solar Electricity", John Wiley & Son's, pp. 37, 2002.

[5] 山田興一, 小宮山宏, "太陽光發電工學", 日經 BP社, pp. 164~165, 2002.

[6] Antonio Luque, Steven Hegedus, "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", WILEY, pp. 63, 2002.

[7] Nagayoshi, H., Orio, S., Kono, Y., Nakajima, H., "Novel PV array/module I-V curve simulator circuit" IEEE Photovoltaic Specialists Conference 2002 , pp1535-1538 , 2002. 5.

[8] J H R Ensil, "Maximum Point Tracking : A Cost Saving Necessity in Solar Energy Systems", IEEE. PESC. 90, pp. 1073~1077, 1990.

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

[10] Roger Messenger, Jerry Ventre, "Photovoltaic Systems Engineering", CRC, pp. 283, 2004.

[11] 이정일, “태양광-풍력 복합발전시스템의 출력 제어 특성 분석”,동신대학교 석사학위논문, 2004.

[12] 선동렬외, “ 태양-풍력 복합발전시스템의 최적운전에 관한 연구”, 한국동력자원연구소, 1985.

[13] 손충렬, “풍력발전개발 및 보급계획,” 대체에너지 기술 세미나, 2000.

감사의 글

본 논문의 처음 연구계획에서 부터 완성에 이르기까지 학문적 기틀을 잡아주시고 아낌없는 지도로 가르침을 이끌어 주신 지도교수 조금배 교수님께 진심으로 고개 숙여 깊이 감사드립니다. 바쁘신 가운데에도 좋은 논문이 될 수 있도록 많은 격려와 조언을 해주시고 심사해 주신 박세승 교수님, 최연옥 교수님께도 감사드립니다.

그리고 논문이 완성되기까지 많은 도움을 주신 조선대학교 전기공학과 전력전자연구실에 석사과정 장인혁님, 임지혜님에게도 감사의 말씀을 드립니다.

학업에 충실 할 수 있도록 도움을 주시고 배려해 주신 영산성지고등학교 고진형 교장선생님 이하 함께 꿈을 꾸면 실현가능한 현실이 된다는 믿음으로 헌신하는 모든 선생님들께 고마운 마음을 전합니다.

대학원 생활을 하면서 힘들고 어려웠던 시간을 함께 보냈던 송민철 선생님, 강주영 선생님, 최우석 선생님, 김철희 선생님, 임수연 선생님, 이창화 선생님, 한선화 선생님, 김기열 선생님, 김혜영 선생님, 김형진 선생님, 이세연 선생님, 이슬미 선생님 그리고 대학원 생활에 물심양면으로 도움을 주신 조선대학교 전기공학과 전력전자연구실 모든 분들에게 감사의 마음을 전합니다.

대학원을 무사히 잘 마칠 수 있도록 묵묵히 내조해 주며 힘이 되어준 아내와 사랑스런 내 인생의 보배 채은이 그리고 5월에 태어날 둘째 아기에게도 고마운 마음과 이 작은 기쁨을 전합니다.

3년이라는 시간은 제게 앞만 보고 달려와 놓친 것, 잃은 것도 많은 시간이었지만 그 만큼 제 인생 전체를 볼 때 가장 큰 발전과 발돋움의 기간이었습니다. 이렇게 변화할 수 있게 도와주신 제 주위에 모든 분들께 감사의 말씀을 드립니다.

2011. 2

한승수 올림

저작물 이용 허락서

학 과	기술가정교육	학 번	20088147	과 정	석사
성 명	한글: 한승수 한문 : 韓承洙 영문 : Seung-Soo Han				
주 소	부 전남 영광군 백수읍 길용리 77				
연락처	E-MAIL : youthworker@hanmail.net				
논문제목	한글 :기상조건에 따른 태양광 및 풍력 발전시스템에 관한 연구 영어 :A study on the PV and Wind Power Generation depending on Weather Condition				

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

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 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 의사 표시가 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.

동의여부 : 동의(○) 반대( )

2011년 2월 일

저작자: 한 승 수 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하