

기후변화에 따른 고효율 태양광 모듈 선정에 관한 연구

(Research on high effectiveness solar photovoltaics module choice by climate fluctuation)

최 홍 규* • 최 신 권 • 최 경 한 • 최 영 준 • 최 대 원 • 이 정 은 • 황 상 구

(Hong-Kyoo Choi* • Shin-Gwon Choi • Kyung-Han Choi • Young-Jun Choi
• Dae-Won Choi • Jung-Eun Lee • Sang-Gu Hwang)

요 약

본 논문에서는 우리나라에서 동일한 환경에 설치되어 있는 247.5kW bulk형 모듈과 a-Si형 모듈의 6월 발전량을 조사·분석하여 기상조건(일조량, 평균기온, 강수량, 운량, 풍속 등)과의 관계를 분석하고 최근 지구온난화 등으로 인한 기후변화에 따라 보다 고효율적인 모듈 선정방안을 제시하였다.

Abstract

In this treatise, presented module choice plan that analyze relation with meteorological condition (work trillion amounts, mean air temperature, precipitation, cloudiness, wind speed etc.) because diagnoses June output amount of 247.5kW bulk type module and a-Si type module that is established in equal environment in our country and is the high effectiveness enemy more by climate fluctuation by latest global warming back.

Key Words : bulk type , a-Si type module, meteorological condition, high effectiveness

1. 서 론

현재 전 지구적으로 기후가 변하고 있으며 이러한 기후변화의 주원인은 우리가 사용하고 있는 화석연료 때문이다. 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)의 2007 보고서에 의하면 우리가 이산화탄소 배출을 줄이지 않으면 2100년까지 최대 6.4°C의 온도가 상승할 것이라고 한다.

에너지 사용으로 인한 전 지구 이산화탄소 배출량은 2005년 27gigatonnes이며 2030년경에 약 56% 상승한 42gigatonnes이 될 것으로 예상된다. [1] 이에 따라 전 지구적으로 화석연료의 배출을 줄이려는 일환으로 신·재생에너지의 개발에 박차를 가하고 있다. 이에 따라 우리나라도 기후변화 대처의 일환으로 이산화탄소를 배출하지 않으면서 보다 효율적인 청정에너지의 개발이 시급하다. 이에 본 논문에서는 태양광발전중 동일한 환경조건에서의 bulk형 모듈과 a-Si형 모듈의 발전량과 기상조건의 관계를 분석해 보았다.

2. 본 론

2.1 bulk형과 a-Si형 모듈의 특성

박막형 태양전지 모듈은 bulk형 실리콘 태양전지 모듈에 비하여 온도 변화에 대한 전기적 특성이 다르게 나타난다.

[표 1]에서와 같이 최대 출력값이 온도 1°C 증가에 따라 -0.2% 감소가 나타나는데 이는 기존의 bulk형 실리콘의 -0.5% 출력 감소에 대비하여 절반 가까운 온도 상승에 대한 출력 이득이 나타남을 알 수 있다. 실제로 박막형 태양전지 모듈을 설치한 시스템의 경우 온도가 높은 여름철에 전력 생산량이 기존 결정질형 실리콘계의 시스템보다 대략 20%정도 높은 것으로 나타난다.[1]

종류	$V_{oc}(\%/^{\circ}C)$	$I_{sc}(\%/^{\circ}C)$	$P_{max}(\%/^{\circ}C)$
결정질	-0.326%	0.072%	-0.5%
박막 (a-Si형)	-0.38%	0.10%	-0.21%

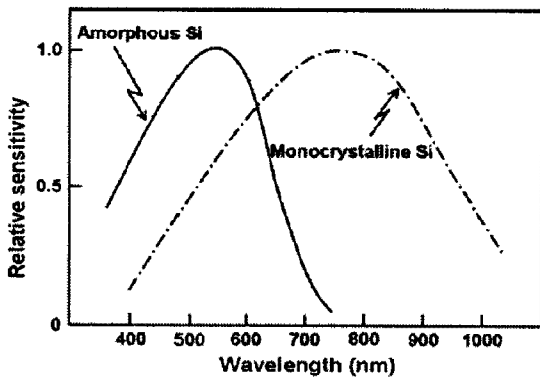
[표 1] 태양전지 종류에 따른 온도특성 계수

(Table 1) Temperature characteristic coefficient by solar cell

태양전지는 종류에 따라 태양빛의 파장에 따른 변환효율과 외부양자효율을 나타낸 것으로 입사 파장 400nm ~ 1000nm에서 비정질 실리콘 태양전지는 약 550nm에서 외부양자효율이 가장 높으며 750nm에 이르기까지 감소가 나타나 단파장에서 높은 효율 특성을 지니고 있으며 이에 비하여 단결정 실리콘 태양전지는 장파장인 800nm 근방에서 가장 높은 외부양자효율을 나타내며 흡수 스펙트럼이 비정질 실리콘 태양전지에 비하여 넓은 것이 특징이다.⁶⁾

박막형 태양전지의 경우 삼중접합 방식(p-i-n)으로 제작되어 가시광선영역에서도 잘 반응하기 때문에 흐린 날에도 발전효율이 높다.

[그림 1]은 결정질(bulk형) 및 박막형(a-Si) 태양전지의 Relative sensitivity를 나타낸 것이다.



[그림 1] bulk형 및 박막형(a-Si) 모듈의 Relative sensitivity

(Fig 1) Relative sensitivity of bulk type and thin film type (a-Si) module

2.2 bulk형과 a-Si형 모듈의 비교

본 논문에서 활용한 data는 전남 ○○에 설치되어 있는 태양광 발전소의 6월(하지) data이다. 247.5kW 3대의 bulk형 모듈과 247.5kW 1대의 a-Si형 모듈로 총 설치 용량은 990kW이며, 모듈

의 사양 및 시스템은 [표 2]와 같다.

모델명	bulk형 (225W급)	a-Si형 (100W급)
용량	247.5[kW]	247.5[kW]
정격출력	225[W]	100[W]
최대동작전압	30.2[V]	100[V]
최대동작전류	7.44[A]	0.93[A]
개방전압	36.6[V]	141[V]
단락전류	8.06[A]	1.17[A]
모듈효율	약 14.3%	약 10.1%
오차범위	3	-
길이	1,636[mm]	1,414[mm]
폭	982[mm]	1,114[mm]
두께	35[mm]	35[mm]
중량	18.5[kg]	21[kg]
실리콘 양	1	1/100
동작 온도범위	-40~90[$^{\circ}C$]	-
에너지 변환 기준온도	25[$^{\circ}C$]	25[$^{\circ}C$]
온도 상승에 따른 감소량	-0.50[%/ $^{\circ}C$]	-0.20[%/ $^{\circ}C$]
Tracking 방식	고정형	고정형

[표 2] bulk형 모듈 및 a-Si형 모듈 사양

(Table 2) Bulk type module and a-Si type module specification

[표 2]에서 나타나는 바와 같이 bulk형 모듈의 경우 효율이 약 14.3%이고, a-Si형 모듈의 경우 약 10.1%이다. 에너지 변환 효율을 25[$^{\circ}C$]발전 기준으로 보면, 모듈은 외부 온도에 민감하여 일반적으로 1 $^{\circ}C$ 상승 시 bulk형의 경우 -0.5%, 박막(a-Si)형의 경우 -0.2%정도씩 효율이 떨어진다는 것을 감안하면, 동작 온도인 70 $^{\circ}C$ 부근에서는 박막형 태양전지의 발전 성능이 상대적으로 약 10% 이상 높을 것이라는 계산치가 나온다.

2.3 기후조건

태양광발전의 발전량에 직접적인 영향을 미치는 기후 조건으로는 날씨, 일조합, 온도, 운량, 풍속, 강수량, 적설량 등이 있다.

이에 본 논문에서는 태양광발전이 설치되어 있는 전남 ○○의 2008년 6월, 12월의 날씨 data를 비교·분석하여 모듈별 발전량과 기후 조건의 관

계를 분석하였다.

[표 3], [표 4]는 태양광 발전이 설치되어 있는 전남 ○○의 2008년 6월 기상 data이다.

[3]

	날씨	기온	강수	일조	운량
1	햇무리	19.7		7.9	6.1
2	박우	21.0		2.3	5.8
3	박우	19.6		4.2	6.3
4	비	19.0	26.5	1.9	9.1
5	안개비	17.1	4.5	1.1	9.4
6	박우	18.1		7.2	4.4
7	박우	19.3		1.3	8.0
8	박우,연우	20.3	1.0	2.0	8.5
9	박우	21.4		2.8	8.0
10	박우	21.9		2.5	7.1
11	비,박우	21.0	14.0	0.2	7.6
12	박우,연우	20.2		9.9	2.8
13	박우,연우	20.2		9.0	2.8
14	박우,연우	21.8		1.3	8.8
15	박우,연우	21.6		8.8	5.9
16	햇무리	20.5		2.6	7.6
17	비	22.2	27.0	0.7	9.8
18	비,박우	21.5	53.0	0.0	10.0
19	안개,박우	22.0		1.9	9.8
20	비,뇌전	22.7	12.0	1.4	9.4
21	비,박우	23.5	28.0	0.1	9.8
22	박우	24.2		7.0	6.5
23	박우	22.1		0.0	10.0
24	박우	20.6		0.1	9.5
25	박우	21.8		4.4	7.3
26	박우	21.2		7.1	4.5
27	박우	22.6		5.1	7.6
28	비	19.5	69.0	0.0	10.0
29	안개비	21.1	1.0	0.4	8.9
30	박우	22.4		2.1	7.1
합계 및 평균		21.0	236	95.3	7.6

운량 : 맑음 (0~2), 구름 조금(3~5), 구름 많음(6~8), 흐림(9~10이상)

[표 3] 2008년 6월 ○○의 6월 기상 data

[Table 3] June, 2008, June weather data of ○○

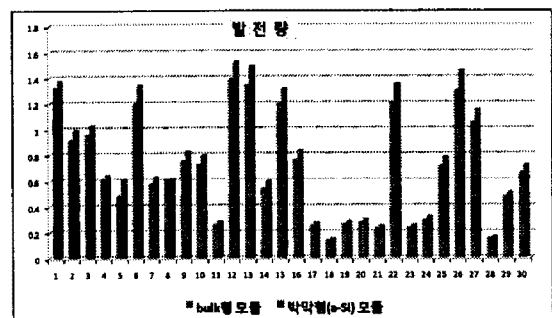
2.4 bulk형과 a-Si형 모듈의 발전량

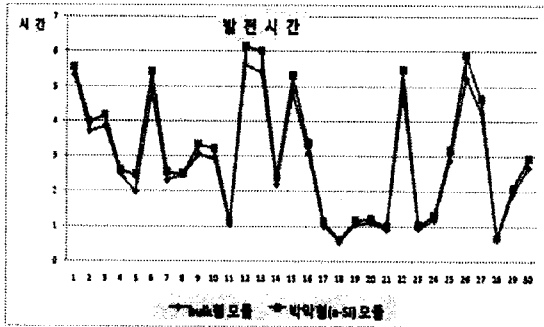
[표 4] 및 [그림 3]은 247.5kW bulk형 모듈과 a-Si형 모듈의 6월 발전량 및 발전시간을 나타낸 data이다.

[4]

6월	bulk형		a-Si형	
	발전량 [MWh]	발전시간 [h]	발전량 [MWh]	발전시간 [h]
1	1.321	5.336	1.375	5.556
2	0.919	3.71	0.989	3.996
3	0.955	3.858	1.032	4.170
4	0.613	2.476	0.642	2.594
5	0.487	1.966	0.611	2.469
6	1.200	4.848	1.346	5.438
7	0.572	2.311	0.627	2.535
8	0.608	2.458	0.617	2.493
9	0.754	3.046	0.827	3.340
10	0.726	2.934	0.796	3.217
11	0.260	1.050	0.285	1.151
12	1.393	5.630	1.524	6.158
13	1.340	5.414	1.492	6.028
14	0.541	2.186	0.593	2.397
15	1.201	4.852	1.317	5.320
16	0.761	3.076	0.835	3.373
17	0.251	1.015	0.276	1.113
18	0.138	0.557	0.151	0.611
19	0.262	1.059	0.287	1.161
20	0.274	1.106	0.299	1.213
21	0.227	0.916	0.249	1.004
22	1.205	4.869	1.355	5.479
23	0.232	0.938	0.254	1.028
24	0.294	1.188	0.322	1.303
25	0.715	2.890	0.784	3.169
26	1.297	5.241	1.459	5.895
27	1.051	4.247	1.153	4.657
28	0.154	0.622	0.169	0.682
29	0.478	1.931	0.512	2.069
30	0.661	2.670	0.725	2.928
합계	20.899	84.4	22.905	92.545

[표 4] bulk형 과 a-Si형 모듈의 6월 발전량 및 발전시간





(그림 3) bulk형 모듈과 a-Si형 모듈의 6월 발전량 및 발전시간

(Table 4), [Fig 3] The June development amount and development time of bulk type module and a-Si type module

본 논문에서는 bulk형 모듈과 a-Si형 모듈의 6월 발전량 및 발전시간 data를 다음의 3개 항목으로 분석해보았다.

1. 모듈 효율과 data를 분석하여 계산한 발전 효율 비교 분석
2. 평균기온 및 일조시간과 발전량간의 관계 분석.
3. 운량 및 풍속과 발전량간의 관계 분석.

2.4.1 모듈 효율과 data를 분석하여 계산한 발전 효율 비교 분석

본 논문에서 활용한 bulk형 모듈의 효율은 [표 2]에서 나타낸 바와 같이 약 14.3%이며, a-Si형 모듈의 효율은 약 10.1%이다.

6월 발전량을 기초로 bulk형 모듈 및 a-Si형 모듈의 발전 효율을 계산하면 다음과 같다.

1. bulk형 모듈 발전 효율 계산

$$247.5 [kWh] \times X \times 30\text{일} \times 24\text{시간} = 20,899 [kWh]$$

$$X = 20,899 \div 247.5 \div 24 \div 30 \times 100 [\%]$$

$$X = 11.73 [\%]$$

2. a-Si형 모듈 발전 효율 계산

$$247.5 [kWh] \times X \times 30\text{일} \times 24\text{시간} = 22,905 [kWh]$$

$$X = 22,905 \div 247.5 \div 24 \div 30 \times 100 [\%]$$

$$X = 12.85 [\%]$$

6월 발전량 data로 발전 효율을 계산해 본 결과 a-Si형 모듈이 bulk형 모듈에 비해 약 1.12%정도

높게 나왔다. bulk형 모듈에 비해 모듈 효율이 낮은 a-Si형 모듈의 발전 효율이 1.12% 높게 나온 원인은 기상 조건(온도, 파장 감도대역, 운량 등) 등에 따른 영향으로 사료된다.

2.4.2 평균기온 및 일조시간과 발전량간의 관계 분석.

[표 3]의 기상 data를 기초로 일조시간이 가장 많은 12일, 13일, 15일을 선정하여 [표 4]와의 발전량과의 관계를 분석해보았다.

[표 4]는 일조시간이 가장 많은 12일, 13일, 15일의 발전량 및 발전시간이다.

일	일조합 [hr]	bulk형		a-Si형	
		발전량 [MWh]	시간 [h]	발전량 [MWh]	시간 [h]
12	9.9	1.393	5.630	1.524	6.158
13	9.0	1.340	5.414	1.492	6.028
15	8.8	1.201	4.852	1.317	5.320

(표 4) 일조시간이 가장 많은 3일 간의 발전량 및 발전시간

(Table 4) The development amount and development time during 3 day that duration of sunshine is the most

일반적인 태양광발전에서 일조시간이 같을 경우 모듈 효율이 우수한 bulk형(약 14.3%)이 a-Si형(약 10.1%)보다 발전량이 더 많이 발전되어야 한다. 그러나 위의 data를 비교해 본 결과 여름철 일조시간과 발전량 및 발전시간의 관계는 bulk형 모듈에 비해 a-Si형 모듈이 10.12[%] 높게 나온을 알 수 있다. 이는 박막형 모듈의 경우 1[°C] 온도 상승에 따라 -0.2[%/°C]가 감소하고, bulk형 모듈의 경우 1[°C] 온도 상승에 따라 -0.5[%/°C]가 감소하기 때문이다. 위의 발전량 및 발전시간은 6월의 data이므로, 장마철이 끝나고 기온이 더욱 올라가는 7월, 8월, 9월에는 더 큰 발전량의 차이가 나타날 것으로 예상된다.

2.4.3 운량 및 풍속과 발전량간의 관계분석

[표 3]의 기상 data를 기초로 운량 및 풍속을 고려한 9일, 10일, 23일을 선정하여 [표 4]의 발전량과의 관계를 분석해보았다.

[표 5]는 운량 및 풍속을 고려한 9일, 10일, 23일의 발전량 및 발전시간이다.

일	운량	풍속	bulk형 모듈		a-Si형 모듈	
			발전량 [MWh]	시간 [h]	발전량 [MWh]	시간 [h]
9	8.0	1.5	0.754	3.046	0.827	3.340
10	7.1	1.9	0.726	2.934	0.796	3.217
23	10	2.2	0.232	0.938	0.254	1.028

[표 5] 운량 및 풍속이 가장 많은 3일 간의 발전량 및 발전시간

[Table 5] The development amount and development time during 3 day that cloudiness and manners and customs are the most

일반적인 태양광발전에서 운량이 많다는 것은 날씨가 흐리다는 것을 의미하므로 일조량이 적어 발전량이 작다. bulk형의 경우 광전현상이 가장 활발하게 일어나는 파장대역이 800nm의 적외선 영역 ([그림 1] 참조)이다. 적외선은 파장이 길기 때문에 가시광선에 비하여 산란효과가 적어 비교적 공기를 잘 투과한다. 그러나 구름과 같은 액체나 기체상태의 물질은 적외선을 흡수하기 때문에 구름이 많은 흐린 날에는 구름에 의해 대부분 흡수된다. 반면에 a-Si형의 경우 광전현상이 가장 활발하게 일어나는 파장대역이 550nm의 가시광선영역([그림 1] 참조)이다. 가시광선영역은 파장의 길이가 짧아 구름에 의해 흡수되는 정도가 적외선에 비해 작기 때문에 [표 5]의 data에서 나타나는 바와 같이 구름이 많은 날에는 a-Si형 모듈이 bulk형 모듈에 비해 상대적으로 많은 발전량이 발전된다.

3. 결론

본 논문에서는 우리나라의 기후변화를 고려한 고효율 태양광모듈 산정에 관하여 연구하였다.

본론에서 분석한 data와 같이 박막형(a-Si) 모듈은 bulk형 모듈에 비하여 환경적 변화에 상대적으로 영향을 덜 받는 것으로 나타났다.

결정질의 경우 적외선에서 잘 반응하기 때문에 안개나, 비, 황사 등의 기상상황에 따라 발전량 차이가 크고, 그림자가 지는 것을 방지하기 위해 어레이 간격을 띄워야하는 단점이 있다. 이는 박막형 태양전지가 효율이 낮다는 기존 관념을 뒤

엮는 것으로, 결정질에 비해 면적효율이 낮은 건 사실이나 발전효율이 높아(약 10~15%) 같은 용량을 설치했을 경우 발전량이 많다.

이는 건물이나 옥상 지붕, 벽면(BIPV)등 설치 공간만 충분하면 보다 많은 전력을 생산할 수 있다는 것이다.^[2]

또한 모듈의 두께가 얇아 1mm정도의 코팅이 가능해 이물질의 오염정도도 낮고, 주변 온도에도 영향을 거의 받지 않아 여름철 발전량이 떨어지는 반도체의 특성을 해결할 수 있다. 이는 최근 지구온난화로 인하여 겨울이 점점 짧아지고, 여름이 길어지는 환경적 요인을 고려했을 때, 박막형(a-Si) 모듈이 원료 부족에 의하여 증산에는 한계가 있는 결정형과 비교하여 경쟁력이 있다고 사료된다.

Referances

- (1) 이순형 "태양광발전시스템의 계획과 설계"
- (2) 타나카 마코토(산요전기 태양광발전 개발센터장) "박막형 태양전지"
- (3) "2008년 6월 전남 ○○의 기상 data" 기상청
- (4) "2008년 6월 전남 ○○ 태양광발전소의 bulk형, a-Si형 모듈의 발전량."
- (5) 산업자원부 "태양광발전"
- (6) 한국에너지기술연구원 "다결정 실리콘 박막 태양전지 개발", "박막 태양전지 동작특성 분석"