한국신·재생에너지학회 2005년도 춘계학술대회논문집 pp.136~141

차양형 태양광발전시스템의 설치 및 운영에 관한 연구

이 소 미[1], 심 헌[2], 이 용 호[3]

Installation and Operating with Photovoltaic System of Sunshade Type

So Mi Yi, Hun Shim, Yong Ho Lee

Key words : Photovoltaic(태양광발전), Building External(건물외벽), Electric Power (발전량), Sunshade Type(차양형), Solar radiation (일사량)

Abstract : The application of photovoltaics into building as integrated building components has been paid more attention worldwide. Photovoltaics or solar electric modules are solid state devices, directly converting solar radiation into electricity; the process does not require fuel and any moving parts, and produce no pollutants.

So, the purpose of this research is to present how to get PVIB which can be applied building facade and how to apply it. From the basis of these results this study will intend to develop an integrated for optimal design of PV System.

Nomenclature

α_t : solar altitude
δ : solar declination
l : site latitude
t : solar time

subscrip

BIPV : Building Integrated Photovoltaic
PVIB : Photovoltaic In Building

1. 서 론

신재생에너지는 과다한 초기투자의 장애요인에도 불구하고 화석에너지의 고갈문제와 환경문제에 대한 핵심 해결방안이라는 점에서 선진 각 국에서는 신재생에너지에 대한 과감한 연구개발과 보급 정책 등을 추진해오고 있다. 최근 유가의 불안정, 기후변화협약의 규제 대응 등 신재생에너지의 중요성이 재인식되면서 에너지 공급방식이 중앙 공급식에서 지방 분산화 정책으로 전화하는 시점과 맞물려 환경, 교통, 안보 등을 고려한 Local자원의 활용측면에서도 적극적인 추진이 요망되고 있는 실정이다[1].

이러한 이유로 신재생에너지의 하나인 태양광 발전 시스템은 전력 예비율 부족 문제와 화석연료의 고갈로 인하여 적극적으로 확장, 도입을 위한 기술적 검토가 이루어지고 있으며, 정부에서는 신재생에너지의 보급 확장과 대국민 인식 확산을 위하여 신재생에너지 공공시설 의무화, 보급 사업을 통한 태양광 주택 10만호 건설, 신재생에너지 차액보전제도 등 다양한 지원제도를 마련하고 있다. 현시점에서 살펴볼 때 공공시설에 적용하기 위해서는 다른

1) (주) 에스에너지 기술연구소
E-mail : yssom@s-energy.co.kr
Tel : (02)2299-7715 Fax : (02)2298-7715
2) (주) 에스에너지 기술연구소
3) (주) 에스에너지

적용방식을 설정해야 하고 안정한 전력을 공급하기 위해서는 계획단계에서 충분한 사전 검토가 이루어져야한다.

현재까지 BIPV의 기술은 주로 태양전지의 전력변환 효율 증가 기술위주로 특히 건축자재회에 요구되는 성능을 만족하기에는 그 실용성에 있어 많은 문제점을 갖고 앞으로 해결해야하는 과제이기 때문에 제품의 개발을 기다리기에는 에너지 대책문제가 매우 시급하다. 이 때문에 기존 건축물의 증·개축의 경우 기존 건축자재의 변경이나 해체는 어렵기 때문에 건자재 일체화된 태양광발전시스템을 적용하기 어렵다. 건축자재와 통합하는 경우 외 건물의 입면 또는 지붕면 등의 설치 가능 장소에 구조물 등을 이용 부착하는 방식(PVIB)의 태양광 발전 시스템 설치가 활발히 진행되어야 한다. 따라서 계획검토 단계부터 설치 운영하기 위한 합리화 방안을 제시할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 벽면 설치 가능한 태양광 발전 시스템의 적용유형 중 공공건물 설치를 위한 설계 프로세서 및 적용 방안을 검토, 설치 및 운영에 관하 실증연구를 실시하여 신재생에너지의 보급 확대에 기초자료를 제시하는데 연구의 목적이 있다.

2. 태양광 발전 시스템의 특징

2.1 태양광 발전 시스템의 작동 환경

1) 일사량과 발전량

PV모듈은 표면에 조사되는 일사량의 강도에 따라 변환효율이 큰 영향을 받기 때문에 태양을 향해 위치한 PV시스템의 최적 방향성과 설치 각도는 무엇보다도 중요하다. 태양의 일사량은 지역별 특성에 따라 다소 차이는 있으나, 그 양은 위도에 따라 변화하며 최대 획득량은 시스템의 설치위치 특 경사각 및 방위각에 의해 결정이 된다. 그림 1 은 지표면의 일일 태양광 일사량분포를 나타낸 것이다[2].

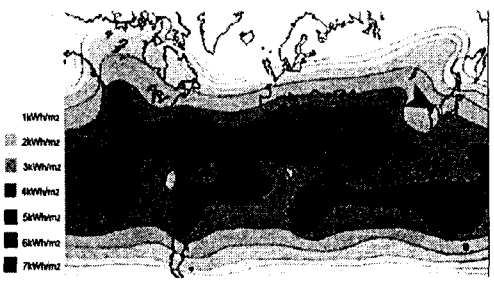

Fig1 . Daily Solar Energy on Earth

2) 온도의 영향과 발전량

태양전지 모듈은 전기를 발전하는 과정에서 자체적으로 발생하는 열과 주변대기의 상태에 따라 온도가 상승하게 되어 실질적 변환효율은 더 낮아지게 된다. 또한 태양전지 모듈 표면에 조사되는 일사량이 많다고 해도 발전량이 비례적으로 증가되는 것이 아니다. 결국 태양전지모듈 자체 온도를 가능한 낮게 유지할수록 변환효율과 실내공간의 단열성능에 유리하므로 시스템 주변온도로부터 PV모듈의 온도 저감방안이 고려되어야 한다. 그림 2는 태양전지모듈이 지붕면에 설치되었을 경우 에너지의 흐름을 도식화 한 것이다[3].

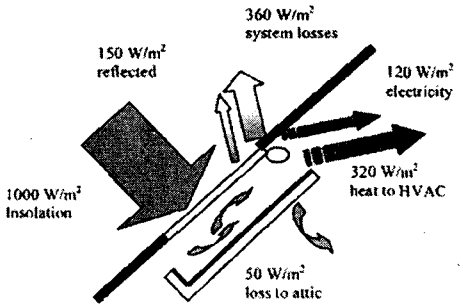

Fig 2. System Processes Estimated

전기를 생산하는 과정에서 자체적으로 발생하는 열과 주변 대기의 상태에 따라 주변에 비해 온도가 상승하여 실내공간의 열부하 증가와 시스템 변환효율에 영향을 미치게 된다. 이에 관한 연구에 의하면 태양전지모듈의 자체온도가 1℃ 상승함에 따라 변환효율은 0.5% 정도 떨어진다고 한다[4].

3) 음영과 발전량

태양전지 모듈의 표면 전부 또는 일부에 그림자가 드리워 직사광선이 방해를 받을 경우 시스템 전체 발전량의 획득에 상당한 악영향을 미치게 된다. 그러므로 일사가 영향을 미치는 시간동안 태양광발전시스템 설치장소 주변의 나무나 건물 등은 태양광 모듈 자체의 구조물, 건축물의 형상에 의한 자체 음영이 지지 않도록 고려한다.

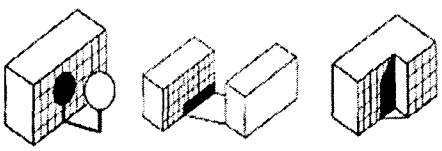

Fig 3. Influence of Shadow

2.2. 벽면적용 부착방식의 분류[5]

태양광 발전 시스템을 건축물에 부착하는 방식은 기존 벽면에 수직으로 설치하는 방식과 태양에너지를 최대한 받기 위해 경사형 또는 차양형으로 설치하는 방법으로 분류할 수 있다.

1) 수직형 부착방식

태양광을 수직으로 받는 방식으로 경사지게 설치하는 방법보다는 효율이 떨어지나 수직벽을 이용하기 때문에 건물의 부지를 최대한도로 이용할 수 있고 내부 공간도 기존 건물과 같이 효율적으로 이용할 수 있는 방식이다.

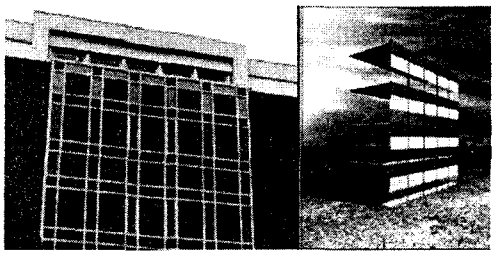

Fig 4. Vertical Type

2) 경사형 부착방식

건물의 외벽에 대해 태양광을 효율적으로 받기 위하여 남측면 건물 외벽을 약 70°정도 경사지게 설치하는 방식으로써 태양광 발전 효과는 양호하지만 건물 내부 공간을 비효율적으로 이용하는 단점이 있다.

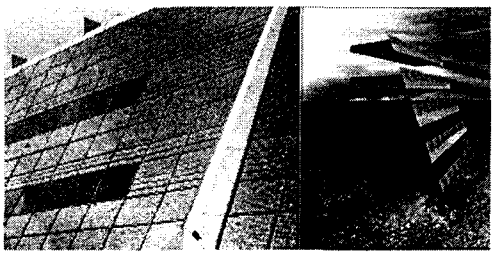

Fig 5. Sloped Type

3) 차양형 부착방식

태양광 발전의 이용효과를 최대로 하기 위해 설치 초기 설계 시 벽체를 태양전지, 유리 및 구조물 등을 차양형으로 설치하는 방식이다.

이는 초기 건축물을 디자인 시 적용 가능하지만, 구조물을 설치 기존 건축물에 활용 차양재의 역할을 함께할 수 있다. 기존 건물의 적용이 쉽게 가능하고 설치가 용이하면 건물의 냉난방부차 저감에 용이하다.

그림 6. Shnshade Type

3. 차양형 태양광발전시스템의 설치 개요

3.1 설치 개요

차양형부착 태양광 발전 시스템의 설치 및 운영에 관한 실증연구의 대상 건물로는 서울 종로구에 위치한 3층 규모의 사무소 건물이다. 설치된 건물의 태양광 발전 시스템의 구성은 표 2와 같다.

Table 1. Location Conditions

구 분	개 요
지 역	서울 종로구 C건물
	위도 : 37.35°N 경도: 126.58°E
일 평균 일사량	3.17 [kWh/㎡ · day]
일조 가능시간	월 평균 1,985 시간
발전가능일	245일/년
온도분포	-7.5 ~ 31.3 [℃]

Table 2. System Composition

구 분	규 격	수 량	용 량	비 고
태양전지 모듈	80Wp	190장	총15.2KWp	
인버터	5kVA	3대	15kVA	계통연계형
접속반	15KVA	1대	15KVA	
모니터링	-	1식	-	컴퓨터1식
구조물	-	1식	-	

3.2 설치 여건 분석

1) 방위, 설치 경사각도 산정

설치지역의 연간 일사량을 살펴보면 표 3 과 같다[6]. 설치장소의 태양전지모듈의 표면에 조사되는 일사량의 최대값은 태양전기 모듈을 설치각도 약 33°로 설치했을 경우이다.

하지만 건축물의 외벽면에 돌출하는 수평 태양전지 모듈에 의한 인접, 즉 하부 수평 태양전지 모듈에 생기는 음영의 분포와 정도를 돌출 길이에 대한 음영의 수직 길이의 비로 수식화 하여 각각의 이격거리가 정해지면 외부 차양의 수평 돌출길이를 예측할 수 있다.

Table 3. Direct Beam Solar Radiation and Development of Insolation Data in Seoul [Kcal/㎡·day]

Tilt angle	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	AVER
0	1708	2350	2922	3724	3976	3722	2864	3074	3096	2593	1711	1402	2761.8
3	1819	2453	2991	3761	3983	3717	2863	3090	3150	2689	1807	1500	2818.6
6	1927	2551	3054	3792	3986	3706	2859	3100	3198	2779	1900	1594	2870.5
9	2031	2644	3112	3816	3976	3690	2850	3106	3240	2864	1989	1686	2917.0
12	2130	2732	3164	3833	3964	3668	2837	3107	3276	2944	2074	1774	2958.6
15	2226	2815	3210	3844	3945	3641	2819	3102	3306	3017	2155	1859	2994.9
18	2317	2891	3250	3847	3919	3608	2798	3093	3330	3085	2232	1940	3025.8
21	2402	2962	3283	3844	3888	3570	2773	3079	3348	3146	2304	2017	3051.3
24	2483	3027	3310	3833	3850	3527	2744	3059	3360	3201	2371	2089	3071.2
27	2559	3085	3331	3816	3806	3479	2711	3035	3365	3249	2433	2157	3085.5
30	2628	3137	3346	3792	3756	3426	2675	3006	3364	3291	2491	2221	3094.4
33	2693	3183	3353	3761	3701	3368	2634	2972	3356	3326	2542	2279	3097.3
36	2751	3221	3355	3723	3639	3306	2590	2933	3342	3354	2589	2333	3094.7
39	2803	3253	3350	3679	3573	3239	2543	2890	3322	3375	2630	2381	3086.5
42	2849	3278	3338	3629	3500	3167	2493	2843	3296	3389	2665	2424	3072.6
45	2889	3296	3320	3572	3423	3092	2439	2791	3264	3396	2694	2462	3053.2
48	2922	3307	3295	3509	3341	3013	2382	2734	3226	3396	2718	2495	3028.2
51	2949	3311	3264	3440	3254	2930	2323	2674	3181	3389	2735	2521	2997.6
54	2969	3308	3227	3365	3163	2843	2261	2610	3131	3375	2747	2542	2961.8
57	2982	3298	3183	3285	3067	2753	2196	2543	3075	3354	2753	2558	2920.6
60	2989	3281	3134	3199	2968	2661	2129	2471	3014	3326	2752	2567	2874.3
63	2989	3257	3078	3108	2865	2566	2060	2397	2947	3291	2746	2571	2822.9
66	2982	3226	3017	3013	2758	2468	1988	2319	2876	3249	2733	2569	2766.5
69	2968	3188	2950	2912	2649	2368	1916	2239	2799	3200	2715	2562	2705.5
72	2948	3143	2878	2808	2537	2266	1841	2156	2717	3145	2691	2548	2639.8
75	2922	3092	2801	2699	2422	2163	1765	2070	2631	3084	2661	2529	2569.9
78	2888	3034	2718	2586	2305	2058	1688	1983	2541	3016	2625	2504	2495.5
81	2849	2970	2631	2470	2186	1952	1610	1893	2446	2943	2583	2474	2417.3
84	2803	2900	2539	2351	2066	1845	1532	1802	2348	2863	2536	2438	2335.3
87	2750	2824	2443	2229	1944	1738	1452	1709	2246	2778	2484	2396	2249.4
90	2692	2742	2343	2105	1821	1630	1373	1614	2141	2687	2426	2350	2160.3

또한 태양의 그림자가 가장 짧은 하지를 기준으로 각 시간대 별 태양의 남중고도를 조사 수평 투영면적을 산출해 낼 수 있다. 태양의 남중고도를 산정하는 수식 1[7]을 통해서 서울지역의 시간대별 태양의 남중고로를 기준으로 설치 에러이의 각도를 산정하면 [Fig 8]과 같이 어레이 설치 각이 65°가 된다.

$$a_t = Sin^{-1}[Sinl \cdot Sin\delta - Cosl \cdot Cos\delta \cdot Cos(\frac{\pi}{12} t)] \quad \text{.....[1]}$$

표 3 과 같이 국내의 기후를 살펴볼 때 태양광 어레이의 각이 33°일 경우 최대의 일사량을 받지만, 태양의 남중고도가 높아질 경우에 하부 태양광 어레이에 음영을 발생시킬 우려가 있다. 한 개의 모듈에 음영이 생길 경우 발생된 모듈 자체의 발전효율에 영향을 미칠 뿐만 아니라 전체 발전에 영향을 미치기 때문에 최적의 각도로 설치하였어도 그로 인한 음영발생의 손실이 더 크다.

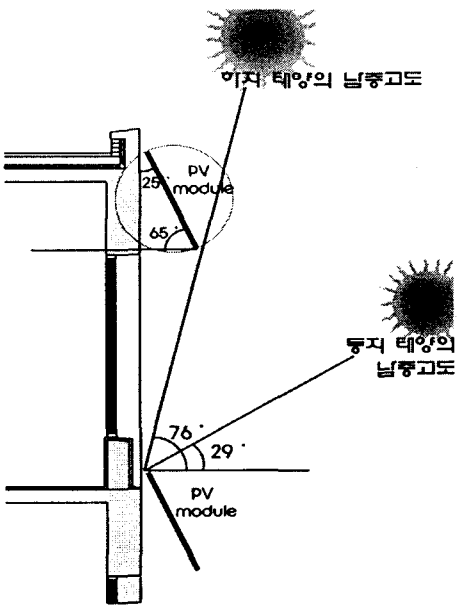

Fig 8. Photovolataic Array Tilt Angle Estimated

2) 온도상승 저감을 위한 설치 개념

차양형 시 일사에 의한 입면과 태양전지모듈 사이의 작동 및 주변온도의 상승으로 인해 발전효율의 저감을 가져올 수 있다. 이에 차양형의 태양전지모듈 하부에 환기구를 설치 발생된 열의 순환이 자연통풍에 의해 일어날 수 있게 설계하였다 [Fig 9].

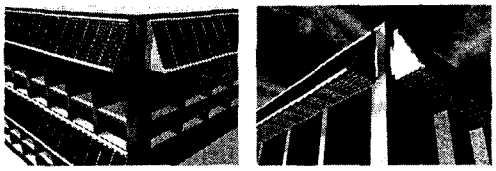

Fig 9 . PV Module Ventilation System

3) 설치 후 유지보수

건축물의 입면에 태양광 발전 시스템을 설치할 경우, 적용방법에서부터 운영의 관한 사이트의 설치여건을 철저히 분석 설치의 용이성 확보해야한다. 또한 설치 후 발전량 및 전력변환장치의 제어 등을 통해 모니터링을 지속적으로 하여 유지관리를 계획하여야 한다. 설치지의 경우 태양광발전 중앙감시시스템용 원격 터니널 유닛[7]을 통해 지속적인 운영실태의 파악과 비정상적 운전 상태를 원격으로 확인 원인규명 및 A/S위한 기본 조치가 가능하게 효율적인 운영관리를 실시하였다.

3.3 차양형 태양광 발전시스템의 시공

차양형 태양광 발전 시스템을 2005년 3월 12일부터 3월 30일 까지 구조물 설치에서 전기설비까지 시스템 설치를 완료하였다.

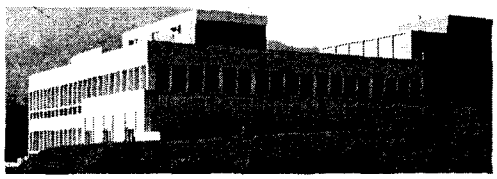

Fig 10 . Installation before PVPS

(a) (b)

Fig 11. Installation CG(a) and Installation after PVPS(b)

4. 차양형 태양광발전시스템 운영 성능평가

4.1 발전량 시뮬레이션

제작된 태양광발전시스템의 발전량 시뮬레이션은 시스템 설계 조건, 설치 용량의 산정을 통해 시스템의 예상발전량을 살펴보면 다음 표 과 같다. 태양광발전시스템으로부터 생산되는 발전량은 설치지역의 년평균일사량, 설치위치 및 경사각도를 고려하여 조건을 산정하였다. 해당지역의 기후데이타와 연계하여 전력 발전량을 예측할 수 있는 PVSYST 3.0을 이용하여 시뮬레이션을 실시하였다.

Table 4. Condition of Photovolatic System

시스템설계 조건	태양광 의존율	90%
	년평균일사량	3.22 [kWh/ m² · day]
	시스템종합효율	60%
	설계여유계수	115%
시스템 설치 용량 (년간부하×태양광의존률×여유계수)/ (일사량×시스템효율×365일)	태양전지용량	15 [kWp]
	모듈 용량	80 [Wp]
	장수	190 장
	최대전압	17.5 [V]
	최대전류	3.66 [A]
시스템 예상발전량	1일 최소 예상발전량	37.82 [kWh/day]
	1일 최대 예상발전량	75.64 [kWh/day]
	1일 평균 예상발전량	50.70 [kWh/day]

국내 태양광설치 시 최대 효율측면에서 설치 위치 정남, 설치각도 32°일 경우 연간 발전량 15.505kWh이고 그림 과 같다. 이와 비교하여 실제 설치위치 고려 정남, 설치각 65°일 경우의 태양광 발전의 연간 발전량 13.749kWh, 그림 과 같이 88.67%의 효율저감을 나타내고 있다. 하지만 이 효율저감은 위에서 언급했던 것과 같이 태양광 모듈의 자체 음영이 생기게 되는 발전량감소를 생각해 볼 때 최적의 각도라고 사료된다.

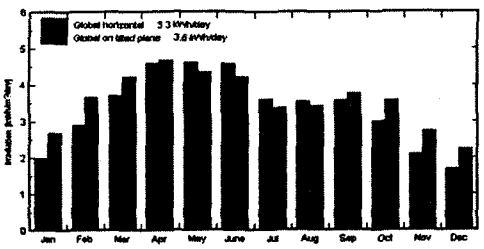

Fig 12 . Annual Quantity of Electic Power Simulation 32°

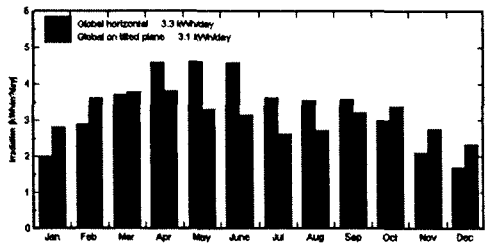

Fig 13 . Annual Quantity of Electic Power Simulation 65°

4.2 발전량 모니터링

벽면 부착 태양광 발전시스템의 설치 후 모니터링을 통해 운영의 실태 및 현황을 파악하였다. 현재까지의 모니터링결과를 월별로 살펴보면 그림 12 ~ 14와 같다. 모니터링을 통해서 태양광발전 시스템의 일보 및 월보, 연보 등을 살펴 볼 수 있으며 각 데이터는 전지의 발전량을 통해 전력변환 장치인 인버터를 통해 발전되는 현황을 나타낸다.

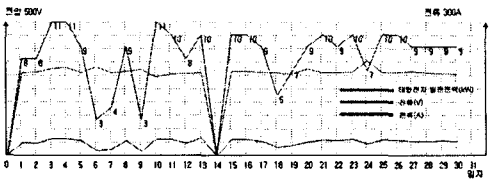

Fig 14 . Electric Power of Photovoltaicf [kW]

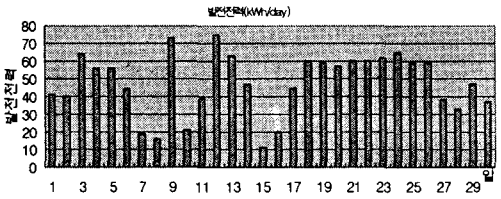

Fig 15. Electric Power of PVPS [kWh/day]

5. 결 론

이에 본 연구는 차양형 태양광발전시스템의 설치 및 운영을 통해 그 성능을 평가하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 건물의 외피에 부착하는 방식은 시공기술 이외 유지보수성, 건물의 의장성 등 여러 가지 측면에서 매우 중요한 요소로서 본 연구에서 진행된 차양형 시스템을 토대로 에너지 성능적 측면의 비용·효과 차원을 넘어 사회, 경제적으로 많은 부가가치를 제공할 수 있다.

2) 벽면의 경우 태양광발전시스템이 수평면 보다 수직면에 설치된다는 이유로 발전량의 감소를 초래하는 어려움이 있음에도 불구하고 수직 외벽면에 적용 가능한 방식의 시장은 지속적이며 성장 가능성에 있어 매우 긍정적이라 할 수 있다.

3) 태양광 설치 시 최대 효율측면에서 설치 위치 정남, 설치각도 32°일 경우 연간 발전량 15.505kWh 이고, 실제 설치위치 고려 정남, 설치각 65°일 경우의 태양광 발전의 연간 발전량 13.749kWh으로 88.67%의 효율저감을 나타내고 있다. 하지만 이 효율저감은 태양광 모듈의 자체 음영이 생기게 되는 발전량감소와 건물의 의장적인 측면과 연관 지어 본다면 최적의 각도라고 사료된다.

추후 연구를 토대로 공공건물의 태양광 발전 시스템 설치 위한 설계 프로세서 및 적용 방안을 검토, 설치 및 운영에 관한 실증연구를 실시하면서 발생되는 문제점 및 운영의 지침 등을 정립하여 신재생에너지의 보급 확대에 기초자료로 사용 태양광 발전시스템의 다양한 건축적 접근이 가능하도록 지속적인 유지관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 산업자원부 지원, 에너지관리공단 신재생에너지센터의 "공공건물 태양광발전시스템 실증연구" (과제번호 2004-13-0109-0-000)의 일환으로 추진된 연구 결과 일부로 진행되었음

참 고 문 헌

[1] 윤경훈, 2004 "한국의 태양광발전현황", ISESAP-2004

[2] 윤종호, 2005, "BIPV 시스템 활용 및 설계 사례" 한국그린빌딩협의회 강습회

[3] M.D. Bazilian, H. Kamalanathan et al/ 2002, "Thermographic analysis of a building integrated photovoltaic systems" Renewable Energy vol 26, 449-461

[4] Staiss F. Photovoltaic, Vieweg & Sohn, Braunschweig/ Wiesbaden p.12.15 1995

[5] 김재원 외 5, 2003 "벽면부착방식 PV시스템의 건축적 적용가능성에 관한 연구", 대한건축학회 vol 19.no 6

[6] 국내 직달일사량의 분석·평가 및 데이터 표준화 연구 - 한국에너지기술연구원, 1995

[7] IES RP-21 Calculation of Daylight Availabilty

[8] 실용신안 제 0364671호