

건물 외벽 환경을 고려한 BIPV SU(string unit) module에 관한 연구

이길승*, 김병만, 신현우**, 윤종호, 유권중***, 강기환
 솔라테크(주)*, 한밭대학교**, 한국에너지기술연구원***

A Study for BIPV string unit module

kiI Song Lee*, ByeongMan Kim, HyunWoo Shin**, JongHo Yoon, GwonJong Yu***, KiHwan Kang
 *Solartech Co., **Hanbat Uni., ***Korea Institute of Energy Research

Abstract - In Korea, PV business has been growing fast since 2000. There are many ways to build PV module. Among them, BIPV system(BIPV: building integrated system) using PV modules as external wall has been carried out research on and invested much. I suggest another way to apply the BIPV system. BIPV SU(string unit) module is easier and faster to be installed and more economical than other BIPV module. In this paper, I will show how to make, and how to install this BIPV SU module.

1. 서 론

BIPV module(building integrated photovoltaic module)이란? PV(photovoltaic) 모듈을 건축 외장재와 일체화하여 직접 건물 외피에 적용함으로써 전기 에너지 생산이라는 본래의 기능 외에 건축외장재를 대체함으로써 다 기능적 역할을 수행하는 친환경적인 태양전지 모듈이라 말할 수 있다. 최근들어 신·재생에너지 공공기관 이용의무화 및 대규모 신축 단지개발에 따른 건물외벽 또는 창호에 직접 적용 가능한 건물 일체형 태양광발전 시스템이 요구되어지고 있는 추세이며, BIPV module의 사용범위 또한 다양한 방법으로 적용하기 위한 연구개발 및 투자가 활발히 진행되어지고 있는 추세이다. 이에 본 논문에서는 BIPV module의 여러 가지 적용방식 중 또 다른 적용방식의 BIPV module에 대해 제안한다. 제안된 module은 태양전지의 온도(1℃ 상승시: 0.5%감소)에 대한 취약점을 고려하여 방열효과를 가지는 AL panel을 이용하여 온도에 대한 취약점을 보완하였고, AL panel을 통한 반사각을 이용하여 module의 출력 효율을 상승 시켰으며, module을 unit화하여 건물에 직접 적용할 때의 취급 편리성을 고려하였다. 또한, 건물의 적용 후 디자인을 고려하여 개발한 것으로 기존의 BIPV module에 비해 보다 우수한 전자재 일체형 module이라 할 수 있으며, 건물의 디자인적인 측면과 설치·시공이 간단하게 설계되어 건축가들에 많은 관심을 가질 수 있을 것으로 판단된다.

2. BIPV SU(string unit) module

2.1 BIPV module이란?

BIPV module은 일반 PV module과 달리 건물이라는 특수한 조건과 결합되어야 하기 때문에 PV module에서는 포함되지 않았던 수많은 고려 변수가 추가된다. 일반 PV module에서와 같이 발전성능의 극대화만이 설계의 최종목표가 될 수 없으며, 많은 건축 계획적 요소를 포함하여 계획 전 과정에 걸쳐 종합적인 통합 설계안이 체계적으로 도출되어야 한다. 따라서 빌딩 엔지니어를 포함한 전기 및 PV 전문가, 시공기술자들이 건축

설계자와 유기적인 관계를 유지하며 계획 초기단계부터 설계과정에 참여하여야 한다. 특히 BIPV는 건물의 이미지를 결정하는 외장적 요소가 매우 큰 비중을 차지하기 때문에 건축 설계자의 역할이 매우 중요하다. 따라서 효과적 결과물을 도출하기 위해서는 건축가 스스로가 BIPV에 대한 물리적 기초지식 및 통합설계에 대한 이해를 일정수준 습득할 필요성이 있다. 태양전지를 건물에 적용하는 방법으로써는 크게 2가지로 구분이 되는데 건축물의 지붕에 설치하는 방법과 건축물의 벽에 설치하는 방법이 대표적인 방식이며, 본 논문에서 제안된 적용 방법은 벽체 적용방식으로 기존의 BIPV module에 비해 설치·시공이 간결하고 디자인 측면에서 우수하다고 말할 수 있다.

2.2 BIPV SU(string unit) module

기존의 BIPV module을 설치할 경우 건물의 시공단계에서 부터 설치 경사각(32°: 서울기준)을 임의로 만들어 줘야 하는 번거로움이 있지만, 본 논문에서 제안한 BIPV SU module은 제작 시 설치 지역의 경사각을 설정하여 제작하므로 설치·시공 시 설치가 용이하고 공사 시기를 단축시킬 수 있기 때문에 경제적으로 설치비를 절감시킬 수 있는 장점을 갖는다. [그림 1]의 (a)는 기존의 BIPV module을 설치했을 경우 건물의 측면도를 보여주는 단면도이고, (b)는 본 논문에서 제안한 BIPV SU module을 건물에 설치했을 경우 건물 측면도를 보여주고 있다. (c)는 (b)의 단면도를 확대해서 보여주는 그림이다. 그림에서 보이는 것과 같이 기존의 BIPV module에 비해 본 논문에서 제안한 BIPV SU module은 건물 앞으로 나온 부분이 적기 때문에 디자인적으로도 우수하다고 판단된다.

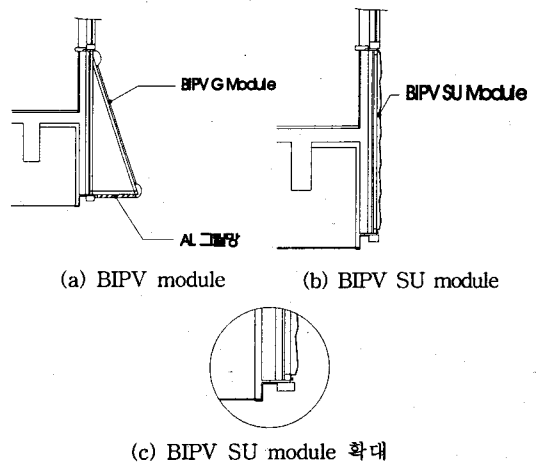


Fig.1 기존BIPV와제안된BIPV의설치형태비교

또한 BIPV SU module의 하단부의 경사각을 통하여 반사 빛을 이용하므로 효율적인 측면에서도 우수하다고 판단된다. 하지만 기존의 BIPV module과 마찬가지로 건물에 대한 설계단계에서부터 BIPV SU module은 설치에 대한 설계가 충분히 고려해야하며, SU module 제작 시 설치 지역의 경사각에 맞추어 제작해야 한다는 단점을 갖는다.

2.2.1 BIPV SU module 설계

[그림 2]의 (a), (b), (c)는 BIPV SSU(single string unit) module의 설계도면을 보여주고 있고 [Fig 3]의 (a), (b), (c)는 BIPV MSU(multi string unit) module의 설계도면을 보여주고 있다. 또한 [그림 3]의 (d)와 (e)는 module의 상단부와 하단부의 세부 단면도를 보여주고 있다.

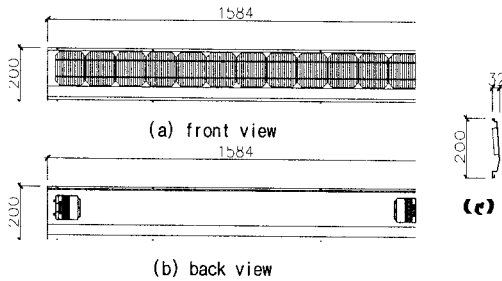


Fig.2 BIPVSSU module 설계도

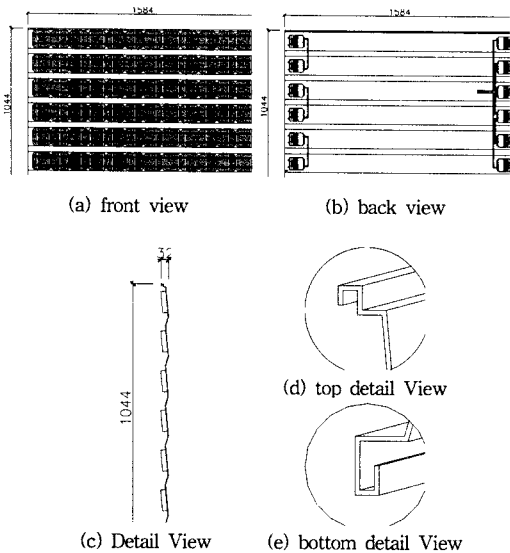


Fig.3 BIPVMSU module 설계도

2.2.2 BIPV SU Module 구조

본 논문에서 설계·제작한 BIPV SU module의 구조는 [그림 4]에서 보느냐와 같이 cover glass-EVA-solar cell-EVA-PVF-EVA-AL plate등으로 구성되어 있으며, 일반 상용 module과 다른 점은 back sheet 대신에 AL plate를 사용하였고, 전기적인 절연을 목적으로 solar cell과 AL plate 사이에 PVF sheet층을 추가 하였다.

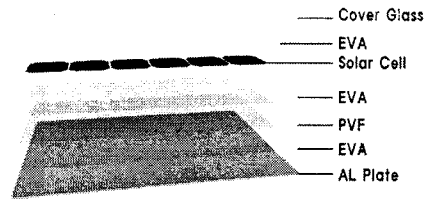


Fig.4 BIPV SU module 구조

2.2.3 BIPV SU module spec

<표 1>은 SU module spec을 보여주고 있으며 (a)는 SSUM type, (b)는 MSUM type의 전기적 사양을 보여주고 있다. solar cell은 KPE SS2-type(150 dia)의 2.39Wp를 사용하여 각각 12직렬과 72직렬로 array를 구성하였다.

Table.1 BIPV SU module spec

(a) BIPV SSUM spec

| 모델명 | STM28-S5 |
|-------------|----------|
| 정격용량 Pm(W) | 28 |
| 정격전류 IPm(A) | 4.67 |
| 정격전압 VPm(V) | 6.10 |
| 단락전류 Isc(A) | 5.12 |
| 개방전압 Voc(V) | 7.36 |

(b) BIPV MSUM Spec

| 모델명 | STM170-S5 |
|-------------|-----------|
| 정격용량 Pm(W) | 170 |
| 정격전류 IPm(A) | 4.67 |
| 정격전압 VPm(V) | 36.65 |
| 단락전류 Isc(A) | 5.12 |
| 개방전압 Voc(V) | 44.21 |

2.2.4 BIPV SUM 제작

BIPV SU module에 사용된 solar cell은 국내에서 제작된 5inch 웨이퍼(125x125mm)의 단결정 실리콘 태양전지로서 건물의 전체적인 미적, 시각적 효과를 고려하여 기존 상용화된 dark blue color를 선정하여 사용 하였다. 또한, AL plate는 상판위에 KYNAR 도료가 70% 이상 함유한 고분자 공업용 불소수지도료(PVDF: polyvinylidene fluoride)를 20~25 μ m의 두께로 코팅하여 강한 부작성 및 내산, 내습, 내후성을 가지며, lamination(160 $^{\circ}$ C 이상)시 열팽창에 의해 SU module이 휘어지는 현상([그림 5]와 같이 0.5mm 알루미늄 패널 양면사이에 파상형 모양으로 얇은 알루미늄 패널을 적용하여 열에 의한 변형이 없음)이 없는 홍성산업(주)의 엠보텍스(embotecks)제품을 사용 하였다. 여기에 AL plate를 사용한 직접적인 이유는 건축 마감재로서의 경량성을 가지며, 뛰어난 강도와 우수한 평활성을 갖고 또한 경제적이며, solar cell의 방열을 도와 온도에 의하여 발전량이 감소되는 것을 최소화 하는데 목적이 있다. size는 국내 건축 외장재의 생산 규격 현황 조사를 통해 건물의 외피소재로 가장 이상적으로 적용될 수 있는 치수를 도출하여 건축 설계 할 때부터 반영 할 수 있도록 설정하였으며 건물의 시각적인 이미지 효과를 고려하여 설계 하였다.

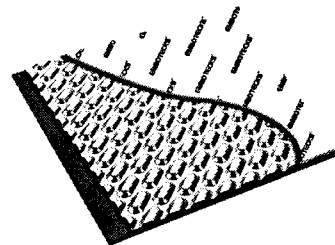


Fig.5 AL plate(embotecks) 구조

[그림 6]는 SSU module의 제작 단면도를 보여주고 있고, [그림 7]는 SSU module의 결합 단면도를 보여 주고 있으며, [그림 8]은 MSU module의 단면도를 보여주고 있다.

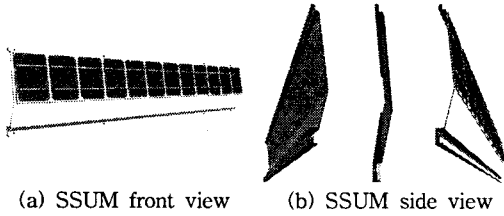


Fig. 6 BIPVSSU module 제작 단면도

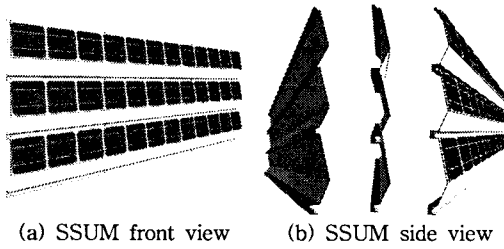


Fig. 7 BIPVSSU module 결합 단면도

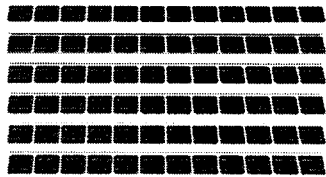


Fig. 8 BIPVMSU module 제작 단면도

2.2.5 BIPV SU module 설치

먼저 module이 설치되어질 벽면에 지지프레임을 설치하고 다음으로 [그림 9]에 보이는 것과 같이 SU module ①을 벽면에 설치한 후 module ②의 상단부를 module ①의 하단부에 걸고 ③번 홈에 직결볼트를 이용하여 module을 지지프레임에 고정 시키면 되는 방식으로 설치·시공이 매우 간단하다. 이 방식으로 MSUM type 또한 SSUM type과 크기만 다를 뿐 설치방법은 동일하다.

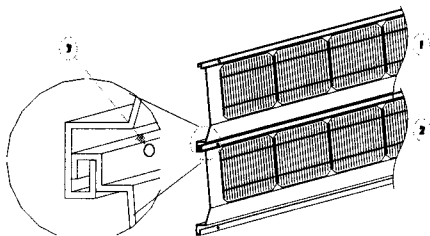
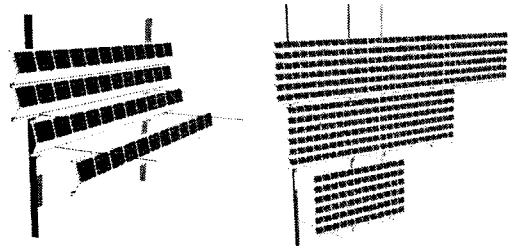


Fig. 9 BIPV SU module detail 설치 단면도

module과 module간의 전기적 결선 방법은 SSUM type은 직렬 결선 방식으로 그림자 영향에 의한 발전 성능 저하를 최소화 하기위한 bypass diode를 삽입하는 방법에 있어 별도의 cable을 사용하여야 하는 단점을 가진다. MSUM type의 경우도 별도의 cable을 이용하여야 하지만 이는 module 일반 PV module과 마찬가지로 자체에서 해결 가능하다는 장점을 갖는다. 또한, 제안된 논문에는 일반 PV module에서 사용 되어

지는 junction box와 cable을 그대로 사용하고 있지만 현재 연구개발을 통하여 SU module type에 맞게 junction box에 대하여 개발을 진행하고 있으며, 결선 방법에 대한 방법도 간결하게 결선할 수 있도록 아이디어 회의도 진행 중에 있다.



(a) SSUM 설치 단면도 (b) MSUM 설치 단면도
Fig. 10 BIPV SU module 설치 단면도

[그림 10]의 (a)는 SSUM type의 설치 단면도를 보여 주고 있으며, (b)는 MSUM type의 설치 단면도를 보여 주고 있고 [그림 11]은 BIPV SU module을 벽면에 설치했을 경우 설치 전경을 보여주고 있다.

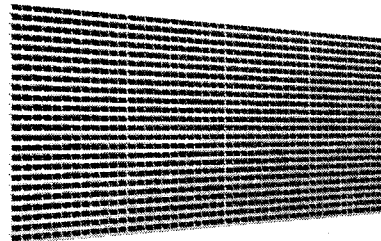


Fig. 10 BIPV SU module 설치 전경

3.1 BIPV SU module 전기적 성능시험

module의 전기적 성능시험은 성능 인증 시험기관 (KIER, KTL)에서 사용되어지고 있는 동일회사의 model(Sun Simulator III V4.11)을 이용하여 검증하였다. 검증 방법은 SU module과 동일한 사양으로 일반 module을 각각 3장씩 제작하여 비교분석 하였다.

3.1.1 BIPV SSU module 출력

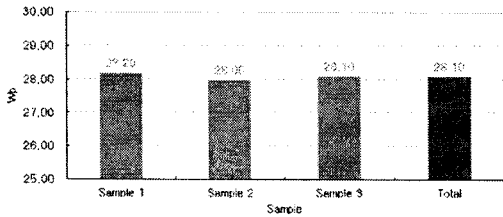
<표 2>는 28Wp급 general module과 single string unit module의 전기적 성능 출력 데이터를 보여주고 있으며 GM에 비해 SSUM의 전기적 성능 출력이 높게 출력됨을 알 수 있다. 이는 성능 시험 시 빛 강도를 낮춘 후 아래장만을 테스트 한 결과로서 빛 강도의 반사 및 영향에 의해 출력이 향상 되었다고 판단된다. 만약 field에 설치되어 방열효과에 의한 발전성능 향상까지 영향을 얻는다면 이보다 좀 더 높은 출력 효율을 얻을 수 있을 것이라 판단된다.

Table.2 BIPV 28Wp GM & SSU Module 전기적 성능 출력

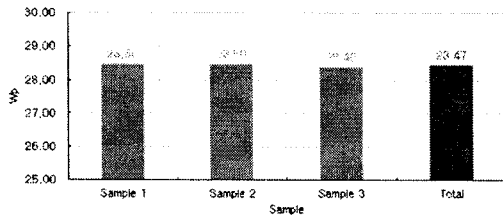
| module type | sample no. | P _m (Wp) |
|------------------------|------------|---------------------|
| 28Wp GM ^[A] | 1 | 28.20 |
| | 2 | 28.00 |
| | 3 | 28.10 |
| | 평균 | 28.10 |
| 28Wp SSUM | 1 | 28.50 |
| | 2 | 28.50 |
| | 3 | 28.40 |
| | 평균 | 28.47 |

[A]: general module

[그림 11]은 각각의 전기적 성능 출력을 나타내고 있으며 평균 GM은 28.10Wp, SSUM은 28.47Wp로 SSUM이 0.37Wp 높게 출력되었음을 알 수 있다.



(a) 28Wp general module



(b) 28Wp single string unit module

Fig.11 BIPV28WpGM&SSUModule전기적성능출력

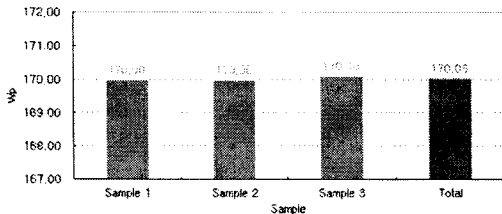
3.1.2 BIPV MSU module 출력

[표 3]은 170Wp급 general module과 multi string unit module의 전기적 성능 출력 데이터를 보여주고 있으며 SSUM과 마찬가지로 GM에 비해 MSUM의 전기적 성능 출력이 2.44Wp 높게 출력됨을 알 수 있다. MSUM은 SSUM이 6장 나열 된 것과 마찬가지로 이므로 5(1장은 반사 의 영향 없음)×0.37Wp=1.85Wp. 이에 MSUM이 2.44Wp로 높게 출력된 원인은 여러가지 요인(solar cell, 반사 빛, flash power 강도)에 의해 높게 출력되었다고 판단되어진다.

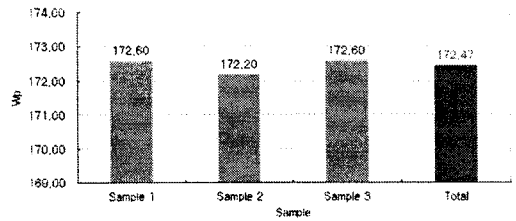
Table.3 BIPV170WpGM&MSUmodule전기적성능출력

| module type | sample no. | Pm(Wp) |
|-------------------------|------------|--------|
| 170Wp GM ^[1] | 1 | 170.00 |
| | 2 | 170.00 |
| | 3 | 170.10 |
| | 평균 | 170.03 |
| 170Wp MSUM | 1 | 172.60 |
| | 2 | 172.20 |
| | 3 | 172.60 |
| | 평균 | 172.47 |

[1]: general module



(a) 170Wp general module



(b) 170Wp multi string unit module

Fig.11 BIPV28WpGM&MSUmodule전기적성능출력

3. 결 론

본 논문은 BIPV module의 여러 가지 적용방식 중 또 다른 적용방식의 BIPV module에 대하여 제안 하였다. 기존의 벽체 적용방식을 적용하여 BIPV module을 설치할 경우 90° (module 출력 저하 야기)로 설치되어 지거나, 건물의 시공단계에서 부터 설치 경사각(32° : 서울기준)을 임의로 만들어 줘야 하는 번거로움이 있지만, 본 논문에서 제안한 BIPV SU module은 제작 시 경사각을 설정하여 제작하였기 때문에 시공 시 경제적인 측면과 공사시간을 단축시킬 수 있고 설치가 용이하다는 장점을 갖는다. 또한, BIPV SU module의 하단부의 경사각을 통하여 반사 빛을 이용하므로 전기적 성능 출력 시험 결과에서 알 수 있듯이 module의 발전성능 측면에서도 우수하다고 판단되고, 건축 설계사가 설계 단계에서부터 직접 적용할 수 있는 건자재 활용 가능하다고 사료된다. 향후 제안된 본 논문을 통하여 BIPV module에 대한 응용기술을 제시함으로써 다양한 형태의 BIPV module에 대한 응용연구도 병행될 것이라 판단된다.

본 논문을 토대로 향후에는 본 논문에서 제시한 BIPV SU module을 건축환경적인 측면에서의 AL plate의 방열효과와 하단부의 반사각(°)을 통한 전력생산량의 증가분에 대한 근거자료를 학술적으로 제시하고, AL plate 사용 시 다양한 색상을 적용할 경우 수반되는 경제적인 측면과 디자인적인 측면까지 제시 하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부 “중대형 규모 건물의 BIPV시스템 현장 실증연구”, pp. 47~70, 2006. 8.
- [2] 산업자원부, 2007. 10. 31, 건축환경을 고려한 BIPV용 태양 전지모듈 및 제조기술개발”, pp. 181~203, 2007. 10.