

건물일체형 태양광 발전의 특징과 최대 에너지 수급기법 적용에 대한 연구

조영찬, 신덕식
전자부품연구원

A Study on the Characteristic of Building Integrated Photovoltaic Power Generation and Application of MPPT Control

Young-Chan Cho, Duck-Shick Shin
Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

본 논문은 건물일체형 태양광 발전(Building Integrated PV:BIPV)의 에너지 수급에 대한 특징과 보다 효율적인 시스템 설계 및 최대 에너지 수급기법에 대해 기술한다.

1. 서 론

최근 환경문제, 화석연료 고갈 및 탈 원전 정책으로 인한 신재생 에너지의 확대 필요성과 제로에너지 빌딩의 요구로 건물일체형 태양광 발전시스템이 각광 받고 있다. 건물일체형 태양광 발전은 태양광 셀 및 패널을 건축재와 혼재한 구조로 종래의 태양광 발전과 그 원리는 같다. 하지만, 보통 건축물의 벽면 혹은 유리등 건축 구조상의 제약으로 에너지 수급의 측면에서 기존의 태양광 발전보다 불리한 조건을 가지고 있다. 때문에 이러한 고려 없이 시스템을 구성하게 되면 비효율적인 문제가 생길 수 있다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해 변동된 태양전지의 전기적 특성을 예상한 시스템 설계와 일사량을 고려한 최대에너지 수급기법의 연구에 대해 서술하고자 한다. 또한 이를 바탕으로 건물일체형 태양광 발전 시제품에 적용하여 타당성에 대한 실험을 진행하였다.

2. 본 론

2.1 건물일체형 태양광 발전의 특징

2.1.1 태양의 입사각에 따른 일사강도와 태양광 발전

일반적으로 효율적인 에너지 수급을 위해서는 태양광 패널의 설치 경사각이 중요하다. 북회귀선에 가까운 우리나라의 경우 태양의 궤적은 그림1과 같이 여름철에는 고위도 겨울에는 저위도의 특징을 보여주므로 30°의 경사각으로 패널을 설치하는 것이 최대 발전량을 제공한다고 알려져 있다^[1]. 하지만, 건축물 태양광발전은 건물의 벽면 혹은 유리면 등에 설치해야만 하는 제약을 받기 때문에 발전에 유리하도록 임의로 경사각을 줄 수 없다. 대략 태양의 위도가 각각 봄 및 가을 30°, 여름 0°, 겨울 45°라 가정하면 발전량 계절별 감쇄계수 ϵ 는 태양과 패널 사이각의 코사인 함수식(1)으로 계산할 수 있다.

$$\epsilon \approx \cos(\theta - \alpha) \quad (1)$$

각각 θ 와 α 는 패널의 경사각과 해당 계절별 태양의 위도이다. 건물일체형 태양광 발전 패널을 건물의 남향 벽에(경사

각:90°) 설치한다고 가정하면 최대감쇄는 여름으로 거의 에너지 수급이 이루어지지 않는다. 한편 최소감쇄인 겨울은 기존대비 약 70%만큼 에너지 수급이 예상된다. 따라서 설치체약으로 발생한 감쇄 분을 시스템 설계 시 고려해야 보다 효율적이고 경제적인 시스템 설계라 말할 수 있다.

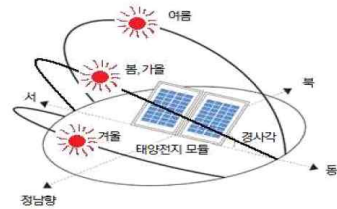


그림 1 우리나라 태양의 궤적
Fig. 1 Trajectory of the sun

2.1.2 건물일체형 태양광 발전 패널의 출력 특성

태양전지의 경우 일사량에 따라 출력 특성이 다음 그림2와 같이 전압특성은 적게 변하는데 반해 전류 및 출력 특성은 크게 변한다^[2]. 2.1.1에서 살펴본 변화된 입사각 변화로 일사량 저하가 건물 일체형 태양광 발전의 출력 특성도 마찬가지로의 양상으로 변화될 것으로 예상해 볼 수 있다.

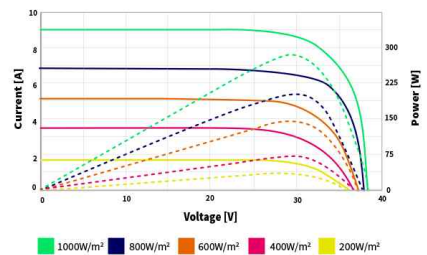


그림 2 일사량변화에 따른 PV어레이 전압 전류 및 전력 곡선
Fig. 2 PV array characteristics with different irradiation

2.2 전력변환기와 최대전력 추종 알고리즘 설계

2.2.1 전력변환기 설계

표1은 건물 외벽에 매립되는 건물일체형 태양광 발전 패널 시제품의 일반 사양과 2.1.1절처럼 건물의 남향 벽에 설치한다고 가정하였을 때의 조정된 사양표이다. 조정된 사양은 안정적인 시스템 설계를 위하여 최소 감쇄인 겨울을 기준으로 하였다. 조정된 사양에 맞게 전력변환기를 설계하게 되면 보다 경제적이고 효율적인 전력변환기 및 시스템 설계가 가능하다.

표 1 건물일체형 태양광 발전 패널의 전기적 사양
Table 1 The electrical characteristics of BIPV panel

	Nominal	Adjusted
Rated Power(P_{max})	80W	55W
Voltage at P_{max} (V_{mp})	9.89V	9.82V
Current at P_{max} (I_{mp})	8.14A	5.55A
Short circuit current(I_{sc})	8.58A	5.86A
Open circuit voltage(V_{oc})	11.69V	11.29V

2.2.2 최대전력 추종(MPPT) 알고리즘 설계

2.2.1처럼 건물의 남향 벽에 설치한다고 가정하면 일사량이 매우 낮을 것으로 예상되는 여름과 봄 및 가을의 경우 저 일사 조건을 대응할 수 있는 최대전력 추종 알고리즘을 고려해야만 한다. 여러 가지 방법이 존재하지만 일사량을 판별하여 일사량에 따라 각각 일사량별 MPPT를 수행하는 알고리즘을 적용 제안하고자한다. 그림3과 같이 저 일사 조건의 경우 저 일사 MPPT알고리즘을 수행하고, 고 일사 조건의 경우 여러 가지가 있지만 기존에 널리 쓰이는 P&O 알고리즘을 적용하는 방식으로 제어를 수행하도록 하였다^[2].

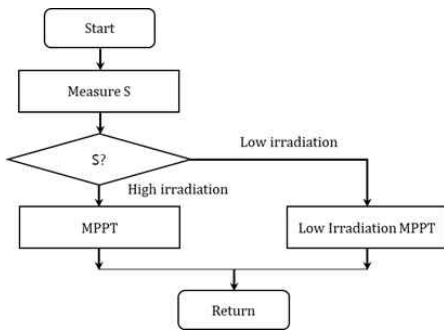


그림 3 일사량을 고려한 MPPT 알고리즘 순서도
Fig. 3 Flowchart of MPPT algorithm considering irradiation

3. 실험 검증

실험 검증은 건물일체형 태양광 패널 시제품을 연계한 그림 4의 독립형 에너지 하우스에서 진행 하였다. 표1의 기준으로 승압 컨버터를 설계하였고 MPPT알고리즘으로는 고 일사 조건에서는 P&O방식 저 일사 조건에서는 CV제어를 이용하였다^[3].



그림 4 건물일체형 태양광 발전 연계 형 독립형 에너지 하우스
Fig. 4 BIPV connected independent energy house

실험(a)는 10월말경 일사량이 좋은 정오에 진행하여 최대출력을 측정하였다. 예상대로 출력감소가 어느 정도 이루어 졌고 출력감소를 예상하여 설계하였으므로 기존대비 전류 분해능 확보, 스위치 소자 및 인덕터 선정 등이 경제적이고 효율적이였다. 또한, 실험(b)는 저 일사 조건에서의 실험 파형이다. 저 일사에도 일정전압 제어로 에너지를 공급함을 알 수 있다. 따라서 건물일체형 태양광 발전 패널의 설치 조건으로 인한 고 일

사 및 저 일사 조건에도 에너지 공급이 가능함을 확인하였다.

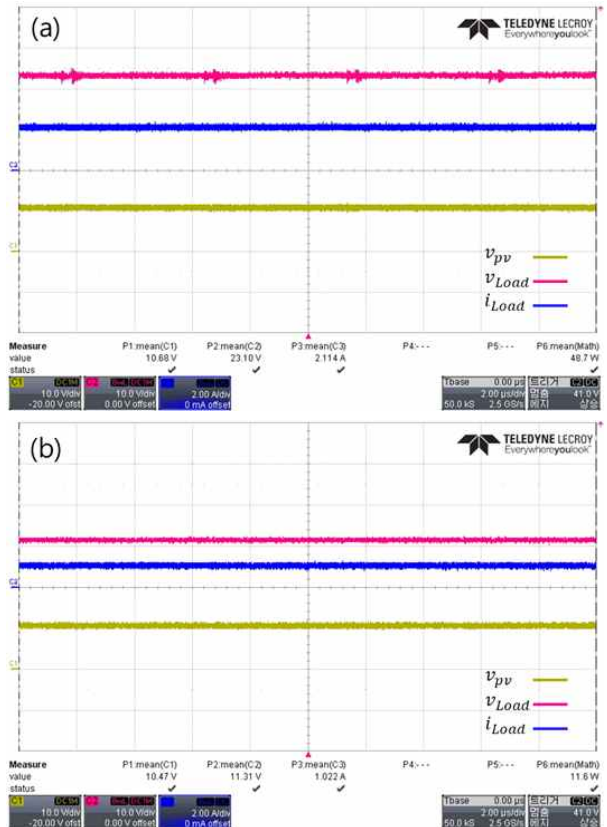


그림 5 실험결과 (a)고일사 조건, (b)저일사 조건
Fig. 5 Experimental result (a)High irradiance condition (b)Low irradiance condition

4. 결 론

본 논문에서는 건물일체형 태양광 발전 패널의 설치 제약에 따른 발전량 감소문제와 그에 대한 설계 고려사항 및 최대전력추종 기법에 대해 서술하고 실험을 진행하였다. 향후 건물일체형 태양광 발전을 활용한 에너지 공급 시 이러한 사항들을 고려하면 보다 효율적이고 경제적인 에너지 공급이 가능할 것으로 생각된다.

이 논문은 중소벤처기업부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 지역산업육성사업(P0002875)으로 수행한 연구결과임.

참 고 문 헌

- [1] 이봉섭, 광동걸, 송현직, 황계호. (2016). 태양의 입사각에 따른 일사강도와 PV 시스템의 발전량 데이터 분석에 관한 연구. 조명·전기설비학회논문지, 30(5), 33-38.
- [2] 최정식, 고재섭, 정동화. (2010). 일사량 변화를 고려한 PV 시스템의 개선된 P&O 알고리즘 개발. 조명·전기설비학회 논문지, 24(4), 166-176.
- [3] N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo, and M. Vitelli, "Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method," IEEE Trans. Power Electron., vol. 20, no. 4, pp. 963 - 973, Jul. 2005.