

직류배전 도심형 태양광 전력변환장치 구성방법별 발전량 비교

최성훈, 안정훈, 박동환[†]
한국전자기술연구원

Analysis of Power Generation in Solar Power System for LVDC Distribution with Various Configuration of Power Converters

Seong-Hun Choi, Jung-Hoon Ahn, and Dong-Hwan Park[†]
Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

본 논문은 5kW급 BIPV(Building Integrated Photovoltaic) 시스템에서 전력변환장치와 태양광 모듈의 조합에 따른 발전량을 비교하여 어떤 조합이 발전 효율 및 가격 면에서 적절한지 분석한다. 10가지 음영 패턴과 6가지 전력변환장치 조합, BIPV 어레이 용량을 기반으로 하는 PSIM 시뮬레이션을 구축하여 발전량을 비교하고 적절한 전력변환장치 조합을 분석하였다.

1. 서 론

기존 AC 배전계통을 DC 배전계통으로 대체하여 전력을 공급할 경우, 에너지 손실 감소 등의 장점이 있어, DC 배전계통에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다^[1]. 그 중 태양광 발전 시스템은 건물의 지붕에 설치하는 방식이 일반적이다. 낙엽과 같은 태양광 모듈을 가리는 방해 요소로 인한 다양한 음영 패턴으로 인해 발전 효율 측면에서 1:1 구조의 파워 옵티마이저를 주로 채택하여 사용하기 때문에 비용이나 유지보수 면에서 단점을 가지고 있다^[2]. 이에 반해 BIPV(Building Integrated Photovoltaic) 시스템은 건물 벽면에 설치하기 때문에 낙엽 등의 방해 요소에 의한 영향이 적어 단조로운 음영 패턴을 가지기 때문에 비용 및 발전 효율을 고려했을 때 1:N 구조의 파워 옵티마이저 구조 사용이 가능하다.

따라서 본 논문에서는 LVDC(Low Voltage Direct Current) 배전을 이용한 5kW급 BIPV 시스템의 전력변환장치와 BIPV 모듈 구성 방식에 따른 발전량 비교를 통해 발전 효율 측면에서 적합한 1:N 전력변환장치 조합을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 발전량 비교를 위한 음영 패턴 조건

그림 1은 LVDC를 이용한 BIPV 시스템 구성을 나타낸 것이다. BIPV 시스템은 BIPV 어레이, 전력변환장치, LVDC로 구성한다. 그림 2는 발전량 비교를 위한 음영 패턴 조건을 나타낸 것이다. BIPV 모듈 1개의 일사량은 10%, 50%, 100% 3가지 상태로 사용하며, 음영 패턴은 BIPV 시스템은 건물 외벽을 활용하여 낙엽 등의 방해 요소의 영향이 적어 단조로운 음영 패턴을 가진다는 점에서 BIPV 어레이 전체에 음영이 생기는 경우, 가로 방향에서 생기는 경우, 세로 방향에서 생기는 경우로

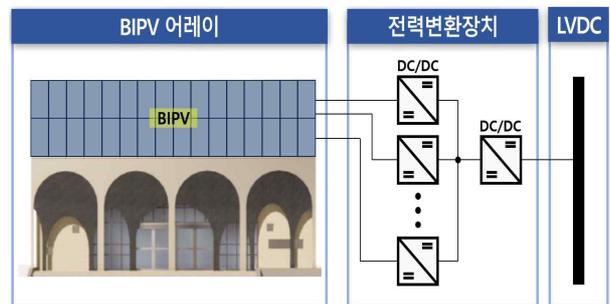


그림 1 LVDC를 이용한 BIPV 시스템 구성
Fig. 1 BIPV Systems Utilizing LVDC Configuration

[Case 1 전체 음영]	[Case 2 가로 음영]	[Case 3 세로 음영]
100% [Case 1-1]	83% [Case 2-1]	83% [Case 3-1]
50% [Case 1-2]	53% [Case 2-2]	60% [Case 3-2]
10% [Case 1-3]	23% [Case 2-3]	49% [Case 3-3]
[일사량 세기]		
10 [%]	50 [%]	100 [%]
		15% [Case 3-4]

그림 2 음영 패턴 조건
Fig. 2 Shading Pattern Conditions

나누었다. 가로 방향에서 음영이 생기는 경우 BIPV 시스템은 근처 건물 등의 구조물에 의해 음영이 발생하고, 태양이 질수록 음영이 아래에서 위 방향을 생성되므로 음영의 방향은 아래에서 위 방향으로 생성되게 하였고, 음영 생성 방향이 세로 방향일 경우 태양이 이동하면서 발생하는 음영으로 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 음영이 발생하게 하였다. 음영 생성에 따라 BIPV 모듈이 받는 일사량은 100%에서 10%로 점차 낮아지게 하였다.

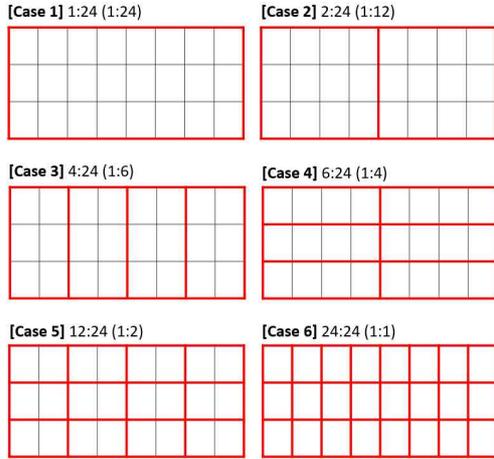


그림 3 전력변환장치와 BIPV 모듈 조합
Fig. 3 Combination of Power Conversion System and BIPV Modules

2.2 전력변환장치와 BIPV 모듈 개수 조합 구성

BIPV 모듈 1개당 228W, 24개를 직렬 연결하여 총 5.5kW로 산정하였다. 음영 패턴에 따른 발전량 비교를 위해 전력변환장치와 BIPV 모듈의 조합은 그림 3과 같이 전력변환장치 하나당 BIPV 모듈 24개를 연결하는 Case 1, 12개를 연결하는 Case 2, 6개를 연결하는 Case 3, 4개를 연결하는 Case 4, 2개를 연결하는 Case 5, 1개를 연결하는 Case 6으로 나누었다.

2.3 발전량 비교를 위한 시뮬레이션

본 시뮬레이션은 일반적인 P&O MPPT 기법을 사용하였고, 전력변환장치의 손실은 무시하였다. 표 1, 표 2, 표 3은 음영 패턴과 전력변환장치 조합에 따른 발전량을 나타낸 것이다. Case 1의 경우 모듈 24개를 하나의 전력변환장치와 연결되어 하나의 모듈이 받는 일사량의 영향이 다른 모듈에도 적용되기 때문에 Case 1, Case 2, Case 3, Case 4, Case 5, Case 6 중 전체 음영 패턴, 가로 음영 패턴, 세로 음영 패턴에서 발전되는 발전량은 가장 작다. 반면에 Case 6의 경우 24개 중 하나의 모듈이 받는 일사량의 영향이 나머지 모듈들에 가지 않기 때문에 전체 음영 패턴, 가로 음영 패턴, 세로 음영 패턴에서 발전되는 발전량은 가장 많다. Case 3는 세로 방향으로 모듈들이 연결되어 있기 때문에 가로 음영 패턴에서 가로 방향으로 모듈이 연결된 Case 4에 비해 음영에 따른 모듈의 영향이 크고, Case 3가 Case 4보다 발전량이 작다. 반대로 Case 4는 가로 방향으로 모듈들이 연결되어 있기 때문에 세로 음영 패턴에서 세로 방향으로 모듈이 연결된 Case 3에 비해 음영에 따른 모듈의 영향이 크고, Case 4가 Case 3보다 발전량이 작다. 따라서 발전 효율만 본다면 Case 6과 같이 많은 전력변환장치를 사용하는 것이 유리하고, 유지보수 및 비용을 고려한다면 Case 4 또는 Case 5를 선택할 수도 있다.

표 1 전체 음영에 따른 발전량
Table 1 The Generated Power According to Overall Shading

전력변환장치 전체 음영 (일사량)	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
	1:24 (1:24)	2:24 (1:12)	4:24 (1:6)	6:24 (1:4)	12:24 (1:2)	24:24 (1:1)
Case 1-1 (100%)	5.436	5.458	5.455	5.465	5.446	5.431
Case 1-2 (50%)	2.628	2.732	2.916	2.741	2.919	3.160
Case 1-3 (10%)	0.468	0.507	0.578	0.515	0.582	0.644

[단위 : kW]

표 2 가로 음영에 따른 발전량
Table 2 The Generated Power According to Horizontal Shading

전력변환장치 가로 음영 (일사량)	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
	1:24 (1:24)	2:24 (1:12)	4:24 (1:6)	6:24 (1:4)	12:24 (1:2)	24:24 (1:1)
Case 2-1 (83%)	3.613	3.631	3.632	4.557	4.604	4.674
Case 2-2 (53%)	1.787	1.806	1.810	2.886	2.975	3.081
Case 2-3 (23%)	0.859	0.896	0.962	1.249	1.349	1.484

[단위 : kW]

표 3 세로 음영에 따른 발전량
Table 3 The Generated Power According to Vertical Shading

전력변환장치 세로 음영 (일사량)	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
	1:24 (1:24)	2:24 (1:12)	4:24 (1:6)	6:24 (1:4)	12:24 (1:2)	24:24 (1:1)
Case 3-1 (83%)	4.073	4.083	4.441	4.088	4.497	4.550
Case 3-2 (60%)	2.698	3.054	3.200	3.121	3.293	3.353
Case 3-3 (49%)	1.324	1.602	1.960	1.679	2.076	2.156
Case 3-4 (15%)	0.313	0.604	0.744	0.725	0.887	0.960

[단위 : kW]

3. 결론

본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 5kW급 BIPV 시스템에서 전력변환장치와 BIPV 모듈 개수의 조합에 따른 발전량을 확인하였다. 발전 효율만 본다면 Case 6과 같이 모듈 당 전력변환장치 1개를 사용하는 것이 좋은 방안일 수 있겠지만 많은 전력변환장치 사용에 따른 유지보수 및 비용을 고려한다면 Case 4 또는 Case 5를 선택하는 것이 좋은 방안이 될 수도 있다.

본 연구는 2024년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20225500000120)

참고 문헌

- [1] A. P. Shah and K. J. Chudasama, "Selection of LVDC Microgrid Component for Efficient Microgrid Performance," 2021 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET), Cape Town, South Africa, 2021, pp. 1-6
- [2] 허철영, 김용래, 이영권, 이동운, 최익, 최주엽, "부분 음영에서의 태양광 발전 효율을 높이기 위한 MPPT 전략", 한국태양에너지학회 논문집, vol. 39, no. 2, pp. 1-9, 2019.