태양광 발전시스템의 미스매치를 보상한 새로운 최대전력추종제어 알고리즘

심재휘*, 양승대*, 정승환*, 이국선*, 최익*, 최주엽*, 이상철**, 이동하**
*광운대학교, **대구경북과학기술원

A New Compensation MPPT Algorithm for Mismatched Solar Cell

Shim, Jae Hwe, Yang, Seung Dae, Jung, Seung Hwan, Lee Kook Sun,
Choi, Ick, Choi, Ju Yeop, Lee, Sang Cheol, Lee, Dong Ha
*Kwangwoon University(jaehwe@kw.ac.kr)
**Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology

ABSTRACT

태양광 발전 시스템에서 태양광 모듈은 일사량과 온도에 따라 출력특성이 변하고 비선형적인 특성을 지니고 있다. 따라서 최대전력 출력을 얻기 위해서는 컨버터에 의한 최대 전력점 추종제어가 필요하다. 특히 발전시스템에서 요구하는 전기적 특성을 맞추기 위해 다수의 태양모듈을 직병렬로 연결하여 구성하는데 있어서 그림자 혹은 일부 모듈이 정상작동하지 않아 미스매치 손실이 발생하게 된다. 본 연구에서는 미스매치 손실을 극복하는 최대전력점을 추종하는 제어알고리즘을 설계하였고 이를 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

1. 서 론

최근 전세계적으로 환경오염과 에너지 고갈의 염려로 신재생 에너지에 대한 관심이 날로 증가하고 있으며, 이에 대하여 지속적으로 연구를 수행하고 있다. 특히 태양광 발전은 태양빛을 태양전지를 통해 전기에너지로 변환하는 것으로써 무한한 에너지 그리고 무공해의 이점 때문에 각광을 받으며 빠른 속도로 성장하여 그 규모를 높이고 있다. 하지만 태양광 발전 시스템은 온도, 일사강도 등의 주변환경에 민감하며, 특히 그림자나 일부 셀의 특성에 따른 미스매치 손실로 인해 비선형적인 출력특성 곡선을 가진다.[1] 이에 따른 보완책은 결국 손실을 최소화 시키고 최대 전력을 생산할 수 있도록 효율을 높이는 것이다.

본 논문에서는 그림자나 일부 셀 특성으로 인한 미스매치손실에 대해 설명하고 기존의 알고리즘들이 최대전력점을 제대로 추종제어 하지 못한 단점을 극복하고 새로운 DB기반 알고리즘을 제안하여 시뮬레이션을 통해 비교 분석한다.

2. 본 론

2.1 미스매치 현상

태양광 발전 시스템에서 태양전지의 출력전력은 온도와 일사강도 뿐만 아니라 미스매치에 의하여 달라질 수 있다. 실제로 건물 혹은 구름의 그림자나 눈이 셀을 덮는 것과 같은 외부원인에 의해서 일부 셀이 정상동작하지 않게 되는 경우가 발생하면 전체 태양광 출력전력은 다르게 동작하는데 이를 미스매치 현상이라고 한다. 이때의 태양광 모듈 동작에 대한 출력특성 곡선을 그림1과 같이 나타내었다.[2]

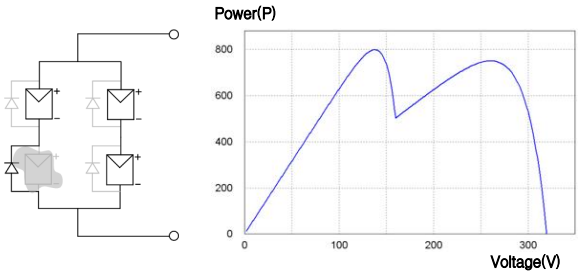

그림 1. 셀 일부가 정상동작하지 않은 미스매치 상태

2.2 미스매치 손실을 극복하는 DB기반 새로운 알고리즘

미스매치 손실을 보완한 새로운 DB기반 알고리즘은 P&O기반의 최대전력추종제어 알고리즘에서 최대전력을 추종한 상태일 때, 수식 (2)에서 정의한 최대전력점을 가리키는 임의의 직선에 대한 방정식의 값과 10% 이상의 오차를 가진 최대전력점으로 제어하고 있다면 정상출력을 가진 태양전지가 아닌 미스매치 상태라고 보고 이에 대하여 최대전력점을 다시 찾는 방식의 알고리즘이다. 이에 대한 순서도는 그림 2에 나타내었다.

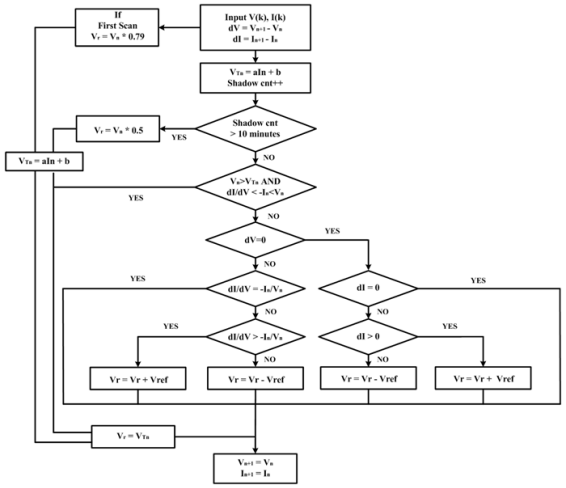

그림 2. 미스매치 손실을 보완한 DB기반 새로운 알고리즘

임의의 직선에 대한 방정식을 구하기 위해서는 태양전지 모듈의 특성곡선에 대한 수식이 먼저 정의되어야 하는데, 일반적으로 다음 수식 (1)처럼 정리하여 표기할 수 있다. 수식 (1)에 대하여 온도계수(*T*)가 일정한 값으로(25℃) 고정되어 있다고 가정하고 일사강도를 0.05kW/m^{2}씩 0kW/m^{2}에서 1kW/m^{2}까지 점차적으로 변화시켰을 때의 태양전지의 전류 전압 특성에 대한 최대전력점을 데이터화 시키면 다음 표 1과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_{out} = I_{ph} - \frac{I_{\max}}{\exp(\frac{q}{BkT} \times Vd) - 1} \times \left\{ \exp\frac{q}{BkT}\left(\frac{V_{out}}{V_{oc}} \times K\right) - 1 \right\} \quad (1)$$

표 1 일사강도 변화에 따른 최대전력점의 전압, 전류 값

Irradiation	V_{mpp} (V)	I_{mpp} (A)	P_{mpp} (P)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	206.9	0.57	118.22
0.10	220.3	1.15	253.18
0.15	228.1	1.73	394.52
0.20	233.7	2.31	540.02
0.25	238.1	2.89	688.61
0.30	241.6	3.48	839.67
0.35	244.6	4.06	992.79
0.40	247.2	4.64	1147.68
0.45	249.5	5.23	1304.10
0.50	251.6	5.81	1461.89
0.55	253.4	6.40	1620.92
0.60	255.1	6.98	1781.07
0.65	256.7	7.57	1942.25
0.70	258.2	8.15	2104.38
0.75	259.5	8.74	2267.39
0.80	260.8	9.32	2431.22
0.85	262.0	9.91	2595.83
0.90	263.1	10.49	2761.16
0.95	264.1	11.08	2927.18
1.00	265.2	11.67	3093.85

일사강도에 대하여 변화하는 최대전력점에 대한 표 1의 데이터 값들을 그림 3에서 보이는 바와 같이 표기하여 최대전력점들을 연결해 보면 일정구간에서 1차곡선의 형태로 최대전력점 값들이 모여 있다. 이에 착안하여 최대전력점에 근접한 임의의 직선을 수식화 하여 나타내고 이를 V_{tn}이라 정의한다. 임의의 직선에 대한 수식은 다음의 수식 (2)처럼 표기한다.

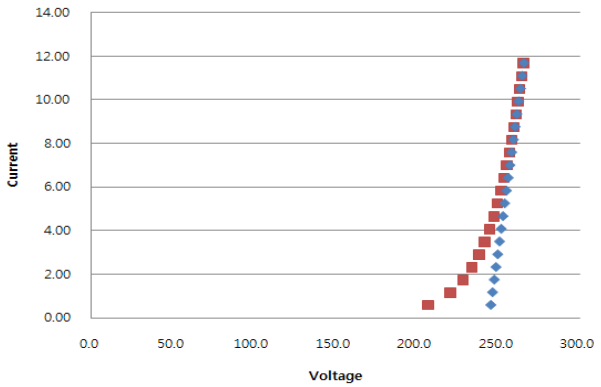

그림 3. 일사강도에 변화에 대한 최대전력점(0kW/m^2~1kW/m^2)

$$V_{tn} = (a * I_{cell}) + b, \quad I_{tn} = \frac{V_{cell} - b}{a} \quad (2)$$

2.3 시뮬레이션 결과

새로운 DB기반 알고리즘이 미스매치 상황에서 최대전력점을 올바르게 추종제어 하고 있는지를 확인하기 위해 그림 5와 같이 시뮬레이션 회로도를 구성하였다. 기존의 알고리즘과 비교하기 위하여 앞의 그림 1처럼 미스매치 손실이 일어나고 있는 상태에서 미분요소기법 알고리즘[2]과 DB기반 알고리즘이 최대전력점을 올바르게 추종제어하고 있는지 확인하였다. 그 결과 제안한 DB기반 알고리즘이 그림 6과 같이 기존의 알고리즘보다 더 높은 출력전력을 가지는 최대전력점으로 제어하고 있음을 알 수 있다.

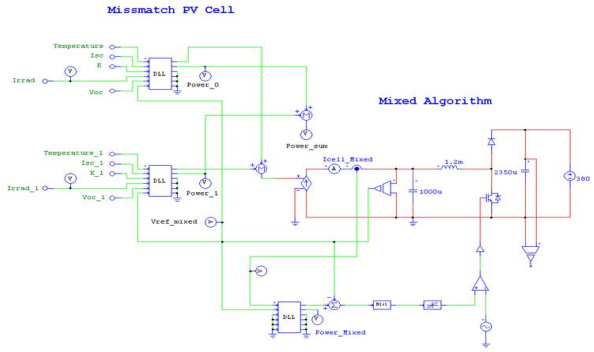

그림 5.시뮬레이션 회로도

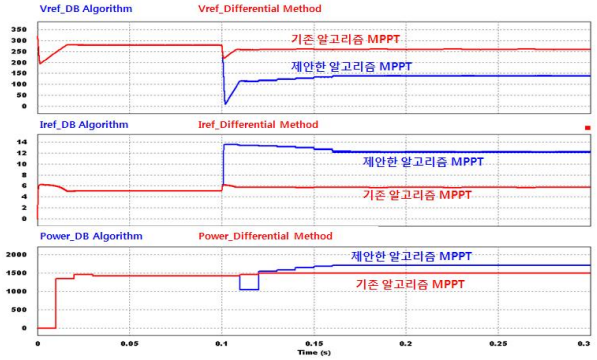

그림 6. 미스매치 손실에 대한 최대전력 추종제어 파형

3. 결 론

본 논문에서는 태양광 발전시스템에서 외부환경이나 모듈의 특성에 따른 미스매치 상태에서 올바른 최대전력점을 추종제어하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 기존의 알고리즘들이 미스매치에 대한 전력손실을 극복하였으며 이를 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

본 연구는 교육과학기술부의 대구경북과학기술원 일반사업 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] 김의종, 유병규, 차한주, 유권종, "그림자 영향과 태양광 어레이 구조에 따른 최대발생전력 비교 해석 및 실험", 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 29, No. 2, pp. 8 13, 2009, Feb.

[2] 심재휘, 양승대, 정승환, 최주엽, 최익, 안진웅, 이동하, "태양광 발전시스템의 MPPT 알고리즘 분석", 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 31, No. 2, pp. 16 21, 2010, Feb.