

실제 날씨 환경에 대한 MPPT 주기 분석

*†김용중, *류단비, **나재호, *김효성

*공주대학교 전기전자제어공학부

**CM 파트너

Analysis on MPPT Scan Period for Real Life Environment

*†Yong Jung Kim, *Danbi Ryu, **Jaeho Na, *Hyosung Kim

*School of EE and control Engineering, Kongju National University

**CM partner Company

ABSTRACT

태양광발전시스템은 설비 사용률을 최대화하기 위하여 PV 모듈을 최대 전력점에서 운전하는 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 제어가 반드시 필요하다. 기존의 MPPT 알고리즘은 경사법에 기반을 두기 때문에 일정한 MPPT 주기마다 일정한 크기의 PWM Duty 비의 자극을 주고, 그에 따른 출력 전력의 변화를 감지하여 최대 전력점을 향한 다음 운전점을 찾는다. 이러한 MPPT 알고리즘을 실제 날씨 환경에 적용할 때 최대전력을 생산하기 위한 최적의 MPPT 주기와 PWM Duty 비의 변량은 다양한 일사량의 프로파일 형태에 따라 달라진다. 그러므로 최적의 MPPT 주기와 PWM Duty 비의 변량을 결정하기 위해서는 실제 날씨 환경에서 다양한 일사량 프로파일의 패턴에 대한 분석이 필수적이다. 본 논문에서는 대한민국 중부 지역의 전형적인 맑은 날씨와 흐린 날씨에서 실제 일사량을 측정, 분석하여 MPPT 목표 효율을 최대화할 수 있는 MPPT 주기를 제시하였다.

1. 서론

시시각각 일사량이 변화하는 환경에서 태양광발전시스템이 최대전력을 생산하기 위해서는 MPPT 운전이 필요하다. 기존의 MPPT 알고리즘은 PV 모듈의 운전점 변화에 따른 출력 전력의 기울기를 판단하여 최대전력 운전점을 찾아가는 경사법에 기반을 두며, 그 대표적인 것으로 P&O(Perturb and Observe) 알고리즘이 있다.^[1] 이러한 경사법 알고리즘은 일정한 MPPT 주기마다 일정한 크기의 PWM Duty의 자극을 주어서 그에 따른 출력 전력의 변화를 관찰하고, 최대 출력 전력을 향한 다음 운전점을 찾아간다. 이때 MPPT의 주기와 PWM Duty의 자극량을 작게 하면 정상상태에 이르렀을 때 MPP에서 전력 변량이 적은 안정적인 운전을 할 수 있지만, 일사량이 심하게 변화하는 과도상태에서 MPP를 빨리 추종하지 못하는 딜레마가 있다.

실제 날씨 환경에서 일사량의 변화가 심하다면 빠른 과도응답 특성을 위하여 MPPT 주기와 PWM Duty의 변량을 크게 하여야 하지만, 일사량의 변화가 일정하다면 안정된 정상상태 응답을 위하여 MPPT 주기와 PWM Duty의 변량은 작게 하는 것이 유리하다. 그러므로 최적의 MPPT 주기와 PWM Duty의 변량을 결정하기 위해서는 실제 날씨 환경에서 일사량의 분석

이 필요하다. 본 논문에서는 실제 날씨 환경에서의 일사량을 측정하고 발전 효율을 분석하여 최적의 MPPT 제어 주기를 제시한다.

2. 실제 날씨 환경의 일사량 분석

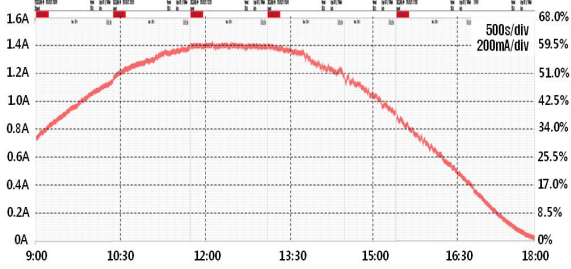
일사량을 측정하는 방법으로는 일사량계를 사용한 직접측정 방법과 PV 모듈의 단락 전류 I_{sc} 가 일사량에 비례하는 특성을 이용하여 PV 모듈의 I_{sc} 변화를 관찰함으로써 일사량의 변화를 간접적으로 추정하는 방법이 있다. 본 논문에서는 경제성과 효과성을 고려하여 간접측정 방법을 채택하였다. PV 모듈의 단락 전류 I_{sc} 는 일사량에 비례하므로 날씨 변화에 따른 일사량은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{일사량}(\%) = \frac{\text{날씨 변화에 따른 PV 모듈의 } I_{sc}}{\text{PV 모듈의 정격 } I_{sc}} \times 100 \quad (1)$$

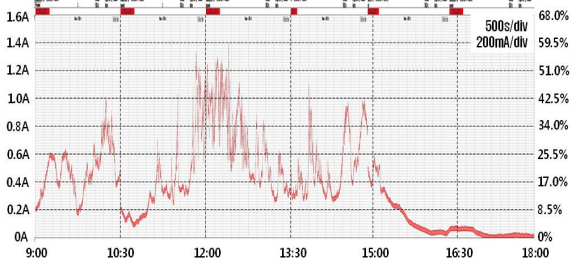
본 논문에서 일사량 분석에 사용된 PV 모듈은 다결정 타입이며, 사양은 [표 1]과 같다. 하루 동안의 날씨 변화에 따른 일사량 분석을 위해 오전 9시부터 오후 6시까지 측정을 하였다. [그림 1]에 보이는 바와 같이 2015년 03월 23일 천안시 맑은 날의 경우 일사량은 측정을 시작한 오전 9시에 약 31%이었으며, 그 이후 한 시간 동안 7.6%의 변화율로 완만히 증가하다가 오후 12시 30분에 최댓값 약 59.5%에 도달한다. 최대 일사량 시각 이후 일사량은 한 시간 동안 11.9%의 변화율로 완만히 감소하여 오후 6시에 약 0%로 수렴하는 패턴을 보였다.

[표 1] 실험에 사용한 PV 모듈 파라미터

Parameter	Value
최대전력 (Pmax)	20 [W]
최대전력 전압 (Vmax)	17.5 [V]
최대전력 전류 (Imax)	1.14 [A]
정격 개방전압 (Voc)	21.5 [V]
정격 단락전류 (Isc)	2.36 [A]



[그림 1] 2015년 03월 23일 천안시 맑은 날 일사량 프로파일



[그림 2] 2015년 03월 17일 천안시 흐린 날 일사량 프로파일

[표 2] 날씨에 따른 1일 중 I_{sc} 적산량

날씨	I _{sc} 총 적산량
맑음	1347608.24 [A · s]
흐림	516931.59 [A · s]

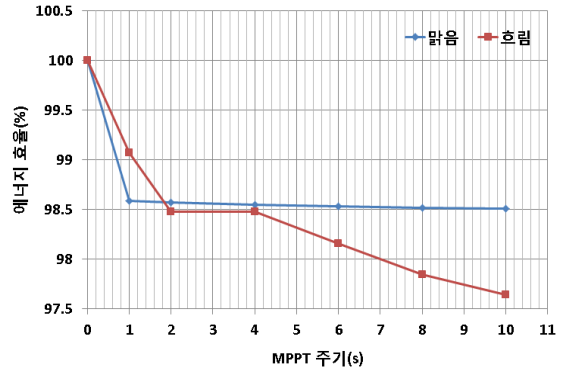
[그림 2]는 2015년 03월 17일 천안시에서 흐린 날 측정된 일사량의 프로파일을 보인다. 동일한 지역의 같은 시간대인 오전 9시의 맑은 날에 측정된 일사량에 비해 약 8.5% 정도로 낮았다. 흐린 날의 최대 일사량이 나타나는 시각과 크기는 맑은 날과 유사하지만, 구름의 영향으로 매우 짧은 시간 동안만 최대 일사량이 존재하는 것을 확인할 수 있다. 이후 일사량이 불규칙하게 감소하며 오후 6시 이후 0%로 수렴한다. 흐린 날의 일사량 분석을 통해 0.02초의 짧은 시간에도 최대 14%의 일사량 변화가 일어날 수 있으며, 맑은 날에 비해 평균적으로 적은 일사량이 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[표 2]는 1일 중 총 일사량을 적산한 것으로, 맑은 날의 총 일사량이 흐린 날에 비해 약 2.6배 큰 것을 확인할 수 있다. PV 모듈의 발전량이 이상적으로 일사량에 비례하는 것으로 가정한다면 흐린 날은 맑은 날에 비해 약 2.6배 발전량이 감소함을 알 수 있다.

일사량 분석 실험을 통해 맑은 날과 흐린 날의 일사량의 크기와 패턴의 차이를 확인할 수 있었다. 맑은 날은 일사량의 변화가 완만한 반면에 흐린 날은 일사량이 매우 불규칙적으로 급변하는 것을 볼 수 있다. 따라서 다양한 실제적인 날씨 상황에서 PV 모듈의 최대 발전량을 보장할 수 있는 MPPT 제어기의 제어 주기를 설정하는 것은 중요한 의미를 갖는다.

3. 최적 MPPT 제어 주기 시뮬레이션

본 논문에서는 [그림 1]과 [그림 2]의 맑은 날과 흐린 날 취득한 실제 날씨 환경에서의 일사량 데이터를 대상으로 MPPT 주기의 설정에 따른 PV 모듈의 발전량을 시뮬레이션 하여 발전 효율을 분석하였다. [그림 3]은 MPPT 제어 주기에 따른



[그림 3] MPPT 제어 주기에 따른 PV 모듈의 발전 효율 분석

PV 모듈의 발전 효율을 분석한 결과를 나타낸 것이다.

맑은 날의 경우 MPPT 제어 주기가 1초 일 때 발전 효율이 98.6%이고 10초 일 때 98.5%으로, MPPT 제어 주기에 따른 발전 효율의 변화가 거의 미미한 것을 알 수 있다. 반면에, 흐린 날의 경우에는 제어 주기가 1초 일 때 발전 효율은 99.1%이고 제어 주기가 10초이면 97.6%로 감소하여, MPPT 제어 주기에 따른 발전 효율의 변화가 크게 나타남을 알 수 있다.

이러한 MPPT 제어 주기 시뮬레이션을 통해 제어 주기가 4초 이하의 조건에서는 맑은 날과 흐린 날의 발전 효율이 98.5% 이상으로 유지되지만 그 이상 길어지면 흐린 날의 발전 효율이 크게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, MPPT 제어를 위한 연산 기간 중에는 전력변환기가 최적의 MPP에서 운전하지 못하므로 PV 모듈의 발전 손실이 발생할 수 있다. 이는 제어 주기가 짧을수록 전력변환기의 정상적인 운전 시간에 대한 MPPT 제어 연산이 차지하는 시간 비율이 상대적으로 커져서 PV 모듈의 발전 효율이 감소함을 의미한다. 따라서 맑은 날과 흐린 날 구분하지 않고 모든 날씨 환경에서 높은 발전 효율을 나타내며 MPPT 제어 연산 시간에 따른 발전 손실을 최소화 하는 최적의 MPPT 제어 주기는 4초인 것으로 판단할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 실제 날씨 환경에서 MPPT 목표 효율을 최대화할 수 있는 최적의 MPPT 주기를 결정하기 위해 대한민국 중부지역의 전형적인 맑은 날씨와 흐린 날씨에서 일사량을 측정하였고, 측정된 일사량 자료를 바탕으로 MPPT 주기에 따른 발전량을 시뮬레이션 하여 발전 효율을 분석하였다. 그 결과, 맑은 날과 흐린 날 구분하지 않고 모든 날씨 환경에서 98.5% 이상의 발전효율을 가지며 MPPT 제어 연산 시간에 따른 발전 손실을 최소화 하는 최적의 MPPT 제어 주기는 4초임을 확인하였다.

이 논문은 2016년도 정부(교육과학기술부)의 재원을 한 국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (2016R1D1A3B01008279)

참고 문헌

- [1] 최정식, 고재섭, 정동화, “그림자 영향을 고려한 PV 시스템의 VPO MPPT 제어”, 전력전자학회, 전력전자학회논문지 제16권 제5호, 2011.10, pp. 521 ~ 531