

# 멀티채널 MPPT 태양광 시스템

민준기

(주)솔라앤시스 기술연구소

## Multi-channel MPPT PV Systems

Min Joonki

R&D Center Solar&Sys Co.,Ltd.

### ABSTRACT

온실가스 저감에서 시작된 친환경정책이 현재에 이르러서는 탄소중립에 이르고 있다. 탄소중립을 이루기 위한 여러가지 방안 중에서 가장 대표적인 것이 신재생에너지의 사용이며, 일상에서 가장 쉽게 접할 수 있는 신재생에너지 시스템중의 하나는 태양광 시스템이다. 이러한 태양광시스템은 효율향상 및 가격저감이라는 두가지 명제에 따라 여러 가지 형태의 시스템들이 경쟁하고 있으며, 현재 중앙집중방식(Central type)과 멀티 스트링(Multi-string)방식이 태양광시스템의 크기에 따라 주류를 이루고 있다. 태양광 시스템의 출력은 일사량, 온도 및 음영에 민감하여 MW급 시스템에서 음영에 대한 영향을 줄이기 위해 멀티스트링 방식이 확산되고 있다. 1500V급에서 MPPT와 계통연계를 분리하여 스트링 옵티마이저 역할을 수행하는 멀티채널 MPPT 태양광시스템의 실증을 데이터를 시뮬레이션과 비교를 통해 파악한다.

### 1. 서론

신재생에너지의 대표주자로서 태양광은 환경오염 및 고갈될 염려가 없고 지구 어느 곳이라도 존재하며, 필요한 곳에서 에너지를 공급할 수 있다는 장점이 있고 그 수명이(태양전지 모듈에 한해) 20년 이상이라는 점에서 각광받고 있다. 그리고 태양광 응용분야로서 계통전원 연계 가능한 분산발전시스템에 대한 관심이 현재까지 유지되고 있다<sup>[1]</sup>.

하지만 단점으로 지적되는 낮은 효율과 이로인해 넓은 면적이 필요하다는 것에 있지만, 태양전지 모듈의 출력에서 최대전력을 발전하기 위해 최대 전력점 추종 제어(MPPT: Maximum Power Point Tracking)가 필수적이며, CV(Constant Voltage), P&O(Perturbation and Observation), InC(Incremental Conductance) 등과 같은 MPPT 알고리즘이 1980년대부터 제안되기 시작하여 현재에 들어 부분음영이 발생한 태양전지 모듈 스트링에서 발생하는 출력과 음영이 없는 태양전지 모듈 스트링에서 발생하는 출력에 의해 최대전력점이 2개 이상 발생하는 경우에 대해, 환언하면 LMPP(Local Maximum Power Point)를 추종하지 않고 GMPP(Global Maximum Power Point)를 추종하는 방법에 대해 여러 가지 방법들이 제안되고 있다.<sup>[2-3]</sup>

특히 이론적인 연구뿐만 아니라 실제 태양광 발전에서 발전량을 증가시킬 수 있는 다양한 아이디어를 기반한 연구<sup>[4-5]</sup>들이

보고되고 있으며 이러한 연구들로 인해 태양광 분야의 발전효율 향상이 지속될 것으로 생각되며, 본 논문에서는 부분 음영에 의해 스트링 마다 발생하는 LMPP에 대해 보다 실제적인 분석을 위해 Psim Solar Module(Physical Model)을 사용하여 실제 사용하고 있는 신성E&G의 545Wp 모듈을 모델링하여 2개의 스트링을 가지는 구조에 대해 GMPP를 찾기 위해 시작한 기본적인 연구의 결과를<sup>[6]</sup> 적용하였다.

태양광 시스템의 형태는 사용하는 태양광인버터의 중앙집중식 시스템, 스트링 시스템 및 MLPE(Module Level Power Electronics)로 나뉘게 되는데, MW 태양광시스템에 사용하는 시스템은 MW 태양광 인버터를 사용하는 중앙집중식이 일반적이다. 요즘 스트링 인버터가 대량생산으로 가격이 낮아지면서 MW 태양광시스템에서 중앙집중식 인버터와 경쟁하고 있다. MW용량의 중앙집중식 인버터의 단점은 접속함에 포함되어 있는 다이오드 도통 손실 및 MPPT가 1개인 것으로 인한 태양전지 모듈 스트링의 미스매치 손실이다. 중앙집중식 태양광 시스템에서 이러한 손실을 방지하기 위한 스트링 옵티마이저를 기반으로한 MW급 멀티채널 MPPT 태양광 시스템의 실증데이터를 소개한다.

### 2. 시스템 설계

#### 2.1 전력회로

MW급 멀티채널 MPPT 태양광 시스템의 구성도는 그림1과 같다. 기존 MW급 태양광인버터에 수행하던 MPPT를 분리하여 MPPT 트래커의 수를 증가시키고 인버터는 계통연계의 역할 수행한다.

MPPT를 수행하게 되는 스트링 옵티마이저는 1MW에 대해 5개의 200kW급 모듈로 설계되어 12개의 MPPT를 수행한다. 이 경우 태양광모듈의 모듈 및 스트링 불일치에 의한 손실이 저감되며, 각 스트링이나 어레이에서 발생하는 음영에 의한 발전량 저하를 극복할 하수 있게 된다. 스트링 옵티마이저에서 수행하는 MPPT 트래커의 동작은 태양광모듈 스트링 2개에 대해서 실시된다. 추가적으로 대용량 시스템에 적합한 1500Vdc급으로 설계하여 태양광시스템의 DC 스트링 전압을 상승시켜 동일한 전력에 대해 전선의 굵기를 감소시키는 효과 및 저항 손실 저감효과를 부가적으로 얻을 수 있다.

인버터 부분에서는 1MW급 인버터를 5개로 나누어 200kW급 모듈을 사용하여 개별 스트링에 대한 추가적인 시스템손실을 저감할 수 있는 구조를 선택하여 설계하였다.

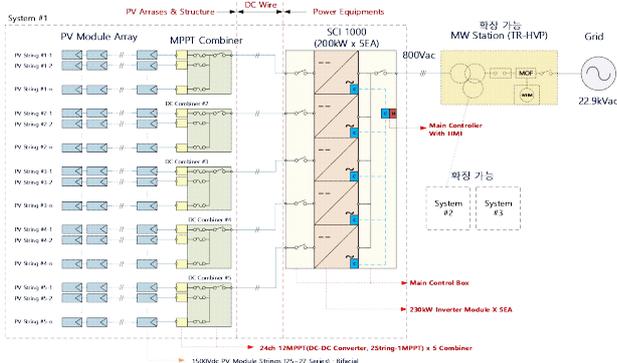
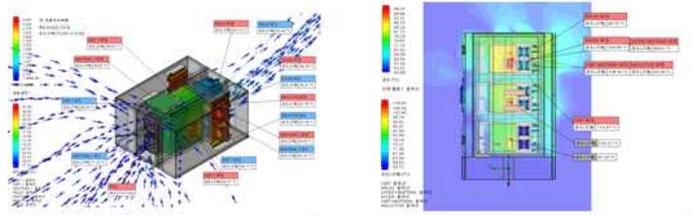


그림 1. 멀티채널 MPPT 태양광 시스템  
Fig 1. Multi-channel PV systems



부품명	릴레이	INDUCTOR	IGBT	HEATSINK1 (IGBT)	Diode	HEATSINK (Diode)
달열스택	65.16°C	92.59°C	90.57°C	86.05°C	88.81°C	88.39°C
3스택	상부	86.16°C	82.94°C	110.47°C	106.42°C	100.44°C
	중간	78.16°C	79.18°C	102.31°C	98.23°C	91.67°C
	하부	73.16°C	71.52°C	97.25°C	93.15°C	86.82°C

그림 4. 스트링 옵티마이저 열해석  
Fig 4. Thermal Analysis of String Optimizer

## 2.2 전력회로 열해석

스트링 옵티마이저는 3개의 전력 스택으로 구성되며 그림 2와 같다.

솔리드웍스 열해석툴을 사용하여 제작에 사용된 FAN 모델을 사용하여 방열설계를 진행하였으며, 요구 설계 사양을 만족하는 결과값을 얻었으며 그 내용은 그림3과 같다.

스택 3개로 구성된 스트링 옵티마이저에 대해서도 열해석을 진행하였으며 요구 설계사양을 만족하도록 세부 사양을 수정하였으며 그 결과는 그림4와 같다.

추가적으로 각 부품별 최고 온도에 대한 해석을 진행하였으며 각 부품별 사양에 따라 최대 온도를 설정하여 이를 넘지 않도록 구조를 수정하면서 진행하였고 그 결과는 그림5와 같다.

### 1. 부품별 최고 온도(°C)

부품명 좌측 : without air vent/ 우측 : with air duct(주위온도 50°C기준)

허용온도	확인필요	110°C	100°C	100°C	100°C	100°C
부품명	릴레이	INDUCTOR	IGBT	HEATSINK1 (IGBT)	Diode	HEATSINK (Diode)
스택 상	86.16°C	70.71°C	82.94°C	62.79°C	110.47°C	98.62°C
스택 중	78.56°C	71.25°C	79.18°C	71.25°C	102.31°C	98.52°C
스택 하	73.43°C	72.19°C	71.52°C	58.25°C	97.25°C	98.08°C

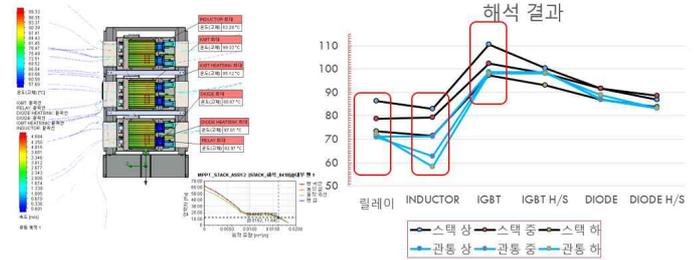
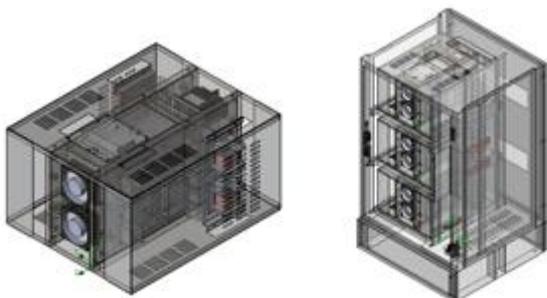


그림 5. 부품 별 열해석  
Fig 5. Thermal Analysis of Components



(a) 단일 스택 (b) 스트링 옵티마이저

그림 2. 스트링 옵티마이저  
Fig 2. String Optimizer

## 2.3 위상 전이 PWM 적용

스트링 옵티마이저가 설치된 실증사이트에서 스트링 옵티마이저의 1개 파워 스택에 대한 4개의 전류 파형을 측정하여 MPPT 알고리즘의 동작을 일사량에 따른 정상동작 여부를 확인하였으며, 위상 전이 알고리즘을 적용하여 태양광인버터에 입력되는 DC 전류의 리플을 저감하였다. 이에 대한 파형은 그림 6, 7, 8에 나타내었다.

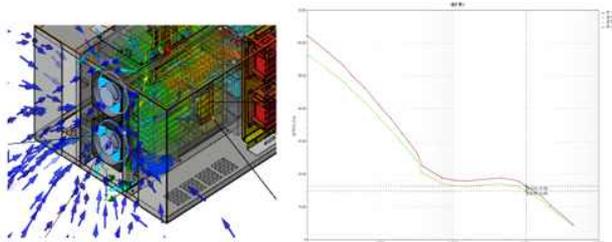


그림 3. 단일 스택 열해석  
Fig 3. Thermal Analysis of single stack

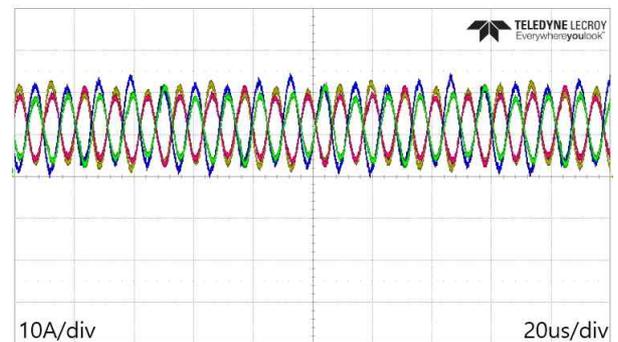


그림 6. 600W/m<sup>2</sup> 일사량의 스택 입력전류 파형  
(ch1: yellow, ch2: red, ch3: blue, ch4: green)  
Fig 6. Input Current Waveform at irradiance 600W/m<sup>2</sup>

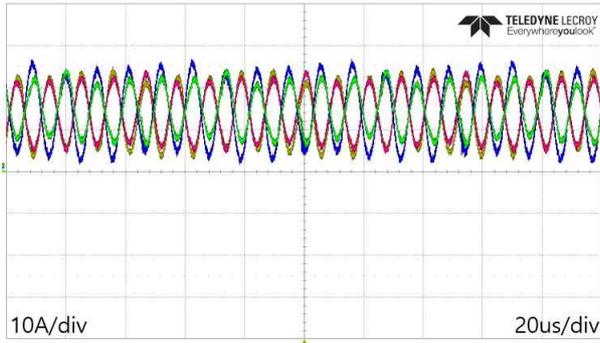


그림 7. 700W/m<sup>2</sup> 일사량의 스택 입력전류 파형  
(ch1: yellow, ch2: red, ch3: blue, ch4: green)  
Fig 7. Input Current Waveform at irradiance 700W/m<sup>2</sup>

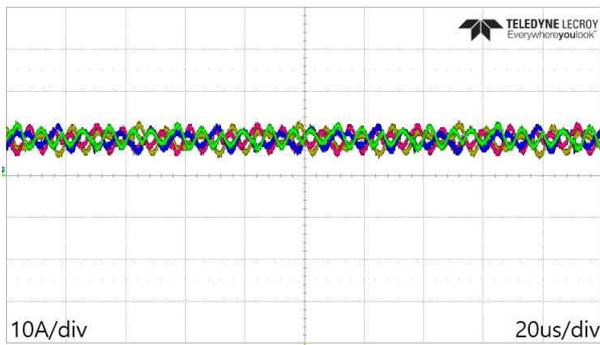


그림 8. 400W/m<sup>2</sup> 일사량의 스택 입력전류 파형  
(ch1: yellow, ch2: red, ch3: blue, ch4: green)  
Fig 8. Input Current Waveform at irradiance 400W/m<sup>2</sup>



그림 9. 1MW 실증 사이트 전경  
Fig 9. Panoramic view of 1MW PV Test-bed site

### 3. 결론

그림9와 같은 MW급 멀티 채널 MPPT 태양광시스템에 대한 실증 사이트(해남)에서의 동작 파형을 통해 멀티 채널 MPPT 태양광시스템의 정상 동작을 확인하였다. 그리고 위상 천이 PWM을 적용하여 출력 DC단의 리플을 감소시키는 효과를 확인하였다.

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No.20203040010350, MW급 태양광 발전소 운영효율 향상을 위한 1500Vdc 지능형 태양광 인버터 개발과 디지털 기반 유지보수 플랫폼 실증)

### 참 고 문 헌

- [1] Yi Huang, Jin Wang, Fang Z. Peng, Dong-wook Yoo, "Survey of the Power Conditioning System for PV Power Generation," Power Electronics Specialists Conference, PESC '06, 37th IEEE, pp. 1-6, 2006, June.
- [2] N. Femi, Domenico Granozio, Giovanni Petrone, Giovanni Spagnuolo and Massimo Vitelli, "Predictive & Adaptive MPPT Perturb and Observe Method," IEEE Trans. on Aersp. and Electron. system, Vol/ 43, No. 3, pp. 935-950, Jul, 2007.
- [3] 유구현, 이우철, "태양광 어레이의 출력 특성을 이용한 개선된 전역 최대전력점 추종기법," 전력전자학회 논문지, Vol. 23, No. 2, pp. 111-117, April, 2020.
- [4] Sathish Kumer Kollimalla and Mahesh Kumar Mishra, "A Novel Adaptive P&O MPPT Algorithm Considering Sudden Changes in the Irradiance," IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 29, Issue. 3, pp.602-610, Sept. 2014.
- [5] 민준기, "MPPT 알고리즘 주기에 따른 발전 영향 분석," 전력전자학회 학술대회논문, pp.21-23, 2018.11.
- [6] 민준기, "멀티 채널 MPPT 태양광 시스템," 전력전자학회 학술대회논문, pp.91-93, 2021.07.