

350W 태양광 마이크로 인버터 발전효율 향상 장치 개발

민준기, 최운성, 이정욱, 유영덕
다쓰테크 기술연구소

Development of 350W Photovoltaic Micro-inverter with Generation Improvement Device

Joonki Min, Wunseong Choi, Jungwook Lee, Youngduk Yoo
DASS Tech Co., Ltd. R&D Center

ABSTRACT

태양광 시장의 확대에 따라 다양한 형태의 태양광발전 시스템을 제안되어 운영되고 있으며, 이에 대해 여러 가지 형태의 구조가 제안되고 있다. 본 논문에서는 당사가 개발 완료한 태양광 마이크로 인버터의 구조와 특징 및 추가적인 회로개발을 통해 발전효율을 향상할 수 있는 회로에 대해서 소개한다.

1. 서론

태양광 마이크로 인버터는 태양전지 모듈 1장에 1개의 인버터를 연결하여 발전하는 형태를 말하여 스트링 인버터 또는 중앙집중식 인버터 대비 매우 작은 용량이라는 의미로 태양광 마이크로 인버터라고 불리며, 태양전지 모듈마다 DC/DC 컨버터를 연결하여 MPPT(Maximum Power Point Tracking)를 하는 방식(DMPPT or Power Optimizer)과 구분된다. 이러한 DC/AC 및 DC/DC 장치를 합하여하여 MIC(Module Integrated Converter) 또는 MLPE(Module Level Power Electronics)라고 부른다.

태양광 시장에서 태양광 인버터의 발전방향은 2005년 F. Blaabjerg 교수의 논문에서 예상한대로 발전하고 있지만[1], 차이점이 있다면, 태양전지 모듈마다 DC/DC 컨버터를 추가하는 형태의 Power Optimizer가 몇몇 제조사가 상용화 하였고, 모듈에 영구 부착하여 Smart PV Module 형태로 상용화 된 것을 들 수 있다.

계통연계형 태양광 인버터는 분산형 전원으로 분류되며, 계통안정화를 위한 새로운 분산형 전원의 계통 연계 기준 및 스마트그리드에 대한 요구에 따라 계통연계 기준이 개정될 것으로 예상되며, 특히 태양광 인버터 분야에서는 무효전력제어, LVRT(Low Voltage Ride Through) 및 DC 포트 EMI 전도 요구 조건이 추가될 것으로 예상된다.

2. 태양광 발전용 마이크로 인버터

2.1 전력회로 설계

본 논문에서 설계한 그림 1의 태양광발전용 마이크로 인버터의 전력회로는 승압을 위한 DC/DC 컨버터부와 DC/AC 인버터부로 나뉜다.

마이크로 인버터에서 효율 및 기능으로서 가장 중요한 역할을 하는 DC/DC 컨버터부는 효율 향상을 위해 액티브클램프를 채용하여 입력 ZVS를, 출력은 ZCS를 구현하여, HFTR을 사용하는 승압에서 효율 저하가 최소가 되도록 하였다.[2]

DC/DC 컨버터부는 액티브클램프 회로, HFTR 및 정류회로로 구성되며, MPPT 동작을 수행한다.

인버터부는 전력변환 효율 향상을 위하여 DC 링크 커패시터와 인덕터 사이의 무효전력 교환으로 인한 효율 저하 생기는 폴브리지 회로를 적용하지 않고 고효율 회로를 적용하였다.[3]

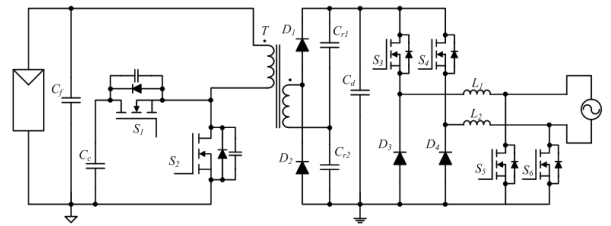


그림 1. 마이크로인버터 전력회로

Fig. 1. The power circuit of designed PV micro-inverter

2.2 제어회로 설계

설계한 마이크로 인버터는 1개의 프로세서로 컨버터부와 인버터부가 유기적으로 제어하도록 설계 하였다. MPPT 기능과 계통연계 기능을 구현하였으며, 이를 그림 2에서 나타내었다.

마이크로 인버터의 경우 스트링 인버터나 센트럴 인버터와는 다르게 고승압이 요구되어 상대적으로 전력변환 효율이 낮지만, 태양전지 모듈의 스트링에서 발생하는 MPPT 및 모듈 특성 불일치에 의한 효율 감소를 최소화 할 수 있는 설치구조이기 때문에 발전량은 상대적으로 우수하다.

추가적으로 마이크로인버터 자체에서 제어전원 소비와 게이트 드라이버 전원을 공급하기 때문에 구조적으로 전력변환 효율이 낮고, 마이크로 인버터 용량대비 제어전원의 차지하는 효율 비중이 상대적으로 높기 때문에 고효율 제어전원 설계가 필요하다.

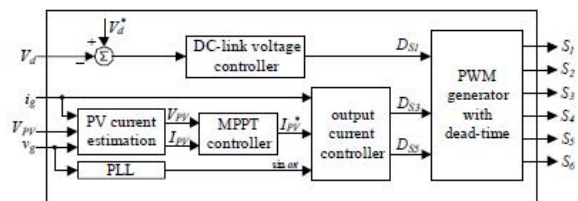


그림 2. 전체 제어 블록 다이어그램

Fig. 2. Overall control block diagram

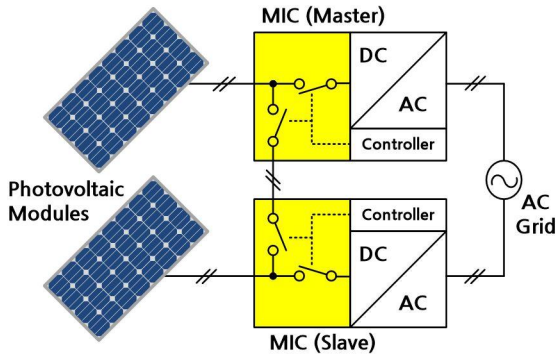


그림 3. 태양광 발전효율 향상 전력 회로도

Fig. 3. Power Circuit of Improvement PV Generation

2.3 발전효율 향상 회로 설계

태양광 마이크로 인버터 시스템의 발전효율 향상을 위해 그림 3과 같이 회로를 설계하였고, 추가된 발전효율 향상 회로는 통신으로 연결되는 것이 아니라, 태양전지 모듈의 상태 감지 및 현재 발전 상태에 대해 입력, 출력 및 연결(link)에 대한 전압과 전류 센싱을 통해 동작하도록 설계 하였다.

발전효율 향상은 그림 4와 같이 마이크로 인버터의 기본 동작 곡선에 있어서, 아침, 저녁 또는 매우 흐린 날과 같이 일사량이 충분하지 않을 때는 2개의 태양전지 모듈에서 발생하는 출력을 1개의 마이크로 인버터 입력에 연결하여 1개의 전력변환 손실을 가져 가게 하고, 일사량이 강해지면, 2대의 마이크로 인버터에서 발전하게 하는 구조이다.

초기 동작은 식 1과 식 2가 만족한 상태에서 스위치의 상태는 식 3의 조건에서 동작하게 된다. 식 3의 스위치 상태는 기본 상태가 되어 동작이 시작되고, 이 경우 2개의 태양전지 모듈에서 발생된 전력은 마스터 마이크로 인버터에서 계통연계가 이루어진다.

식 6와 식 7이 만족한 상태에서 스위치 상태는 식 4와 같이 변경되어, 마이크로 인버터는 각각 동작하게 된다. 그리고 식 6과 식 7이 만족되지 않는 조건일 때 스위치상태는 식 5와 같이 변경되어 슬레이브 마이크로 인버터가 동작하는 상태로 바뀌게 된다.

추가적으로 발전효율 향상 회로가 적용된 마이크로 인버터의 고장 시에도 적용 가능하다. 이 경우 스위치의 상태 식 4에서 식 6과 식 7이 만족하지 않는다면 마이크로 인버터의 고장을 예상할 수 있으며, I_{in_master} 와 I_{in_slaver} 의 크기가 0인 경우에 대해, master 또는 slave 마이크로 인버터의 정지를 예상할 수 있으며, 스위치 상태를 식 3 또는 식 4의 조건으로 선택할 수 있다.

입력전압 조건

$$V_{in_master} > V_{in_start} \quad \dots\dots(1)$$

$$V_{in_slave} > V_{in_start} \quad \dots\dots(2)$$

스위치 상태

$$S_{out_master}=S_{link_master}=S_{link_slave}=ON, S_{out_slave}=OFF \quad \dots\dots(3)$$

$$S_{out_master}=S_{out_slave}=ON, S_{link_master}=S_{link_slave}=OFF \quad \dots\dots(4)$$

$$S_{out_slave}=S_{link_master}=S_{link_slave}=ON, S_{out_master}=OFF \quad \dots\dots(5)$$

입력전류 조건

$$I_{in_master} > I_{in_rated}/2 \quad \dots\dots(6)$$

$$I_{in_slave} > I_{in_rated}/2 \quad \dots\dots(7)$$

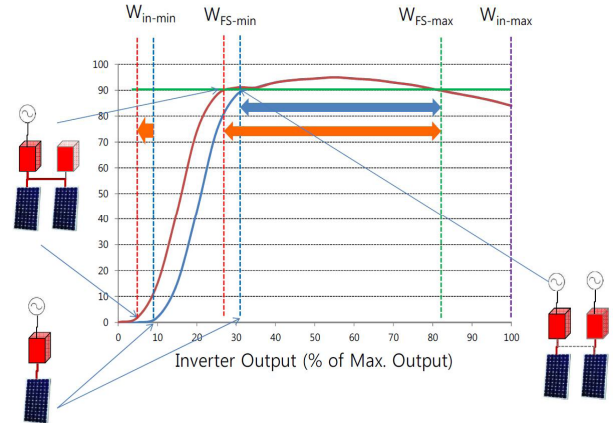


그림 4. 발전효율 향상 개념

Fig. 4. Concept of Improvement PV Generation

단, V_{in_master} : master 입력전압, V_{in_slave} : slave 입력전압,
 I_{in_master} : master 입력전류, I_{in_slave} : slave 입력전류

3. 결론

마이크로 인버터를 사용하는 태양광발전 시스템의 발전 효율 향상을 위해, 태양전지 모듈의 효율 향상이나 전력변환 장치의 효율 향상[4]이 아닌 태양광발전 시스템 관점에서의 발전효율 향상 방법을 제안하였다. 3~5% 정도의 발전 효율 향상이 예상하며, 향후 실증시험을 통해 효율 향상 정도를 검증할 예정이다.

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 연구개발특구진흥재단의 “연구개발특구육성(특구기술사업화사업)” 지원을 받아 (주)다스텍에서 수행된 연구임. (No. 2014DD021)

참고 문헌

- [1] S. B. Kjaer, J. K. Pedersen and F. Blaabjerg, "A Review of Single Phase Grid Connected Inverters for Photovoltaic Modules", IEEE trans. on Industry Applications, Vol. 41, No. 5, pp. 1292 1306, 2005, Sep./Oct..
- [2] 서현우, 권정민, 김우호, 권봉환, “모듈형 계통연계 태양광 PCS”, 전력전자학회논문지, 제13권 제2호, pp. 119 127, 2008.04
- [3] 이성호, 권정민, 권봉환, “고효율, 저잡음 특성을 가지는 양방향 태양광 인버터”, 전력전자학회논문지, 제17권 제6호, pp. 539 545, 2012.12
- [4] JK Min, WS Choi, JW Lee and Y.D Yoo, “Development of Grid connected type Photovoltaic Micro Inverter”, KIPE annual conference pp.373 374, 2014.07