

# 주택용 3kW급 태양광발전 계통연계형 인버터의 개발

김영록, 박성우, 김은연, 김성환, 류영현  
 헥스파워시스템(주) 연구소

## Development of 3kW Grid-Connected Photovoltaic Inverter for Household

Youngroc Kim, Sungwoo Park, Sunghwon Kim, Eunyeon kim, Yeonghyeon Ryu  
 Hex Power System Co., Ltd. R&D Center

### ABSTRACT

본 논문에서는 주택용 3kW급 태양광발전 계통연계형 인버터에 대하여 설명한다. 기존에 생산된 승압형 DC-DC 컨버터를 추가한 인버터와 토폴로지는 같으나, 설치 장소의 제약을 받지 않도록 실외형 시스템으로 개선하였다.

또한, TMS320F2812, discrete IGBT등의 주요 소자를 채택하여 소형, 경량화 하였고, EMI 노이즈를 저감시켰다.

### 1. 서론

현재 국내에서는 에너지관리공단의 수행아래 2006년까지 1만호, 2012년까지 10만호(1,300MW)주택에 태양광 보급 사업을 하고 있다. 보급 사업이 진행됨에 따라 기존의 인버터는 실내형으로 설치장소의 제약이 있었고, 인버터의 동작전압범위 또한 넓지 못하며, 부피가 크고 무거운 단점이 있었다. 이러한 단점으로 인해 제품의 경쟁력이 떨어졌다. 이에 따라 인버터의 동작전압범위가 넓고, 실외형이며, 소형 경량화, 고신뢰성을 가지는 보급형 인버터의 개발이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 기존의 안정성을 보장하면서 무게와 크기를 줄여 결과적으로 제품의 가격을 낮춘 인버터를 소개한다.<sup>[5]</sup>

### 2 인버터 시스템의 구성

그림1과 표1은 주택용 3kW급 태양광발전 계통연계형 인버터의 회로도와 설계사양을 각각 나타내었다.

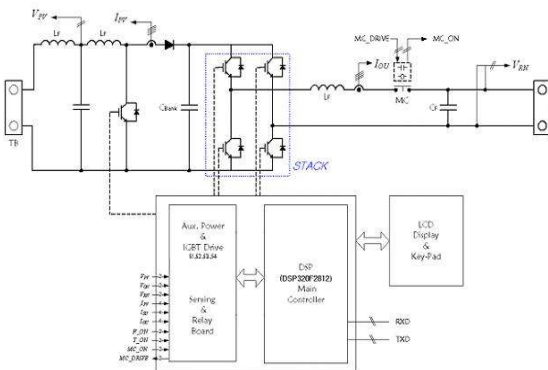


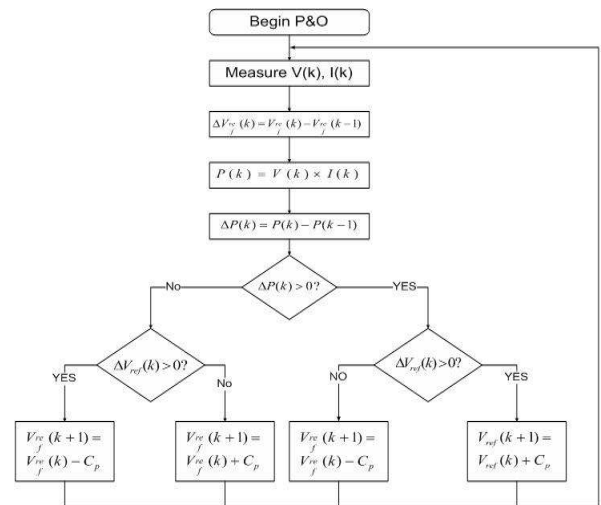
그림 1. 주택용 3kW급 태양광발전 계통연계형 인버터 회로도

표 1. 시스템 사양

		NEW	OLD
용량		3[kW]	33[kW]
인버터 입력	개방전압범위	230 ~ 550[V]	240 ~ 450[V]
	동작전압범위	150 ~ 500[V]	240 ~ 450[V]
인버터 출력 전압		220[V]	220[V]
전류 THD		3[%] 이내	5[%] 이내
역률		0.95 이상	0.95 이상
효율(peak)		94[%]	94.8[%]
대기시 소비전력		3.5[W]	3.8[W]
무게		11[kg]	20[kg]
사이즈(WxDxH[mm])		330×440×140	440×380×172

### 3. 최대 전력 추종 제어

태양광 어레이는 일사량과 온도에 의해서 따라서 최대 전력 점이 변동하게 된다. 태양광 PCS는 외부 조건의 변동에 따른 최대 전력점이 변동하여도 항상 최대 전력을 얻어 지도록 하는 것이 최대 전력 추종제어( Maximum Power Point Tracking : MPPT )라고 한다.



※ Cp : 전압 변동 폭

그림 2. P&O MPPT 알고리즘의 순서도

최대 전력 추종 제어를 위한 알고리즘은 일정전압제어, Perturb & Observe(P&O), Incremental Conductance(IncCond), Fuzzy 제어기법등 다양한 제어 알고리즘이 사용되고 있으나 본 논문에서는 알고리즘은 구현이 용이하고 안정성이 높고 제어가 간단하고 연산량이 적은 P&O 기법을 채택하기로 한다. P&O 알고리즘은 그림 2와 같으며 태양 전지 어레이의 출력 전압을 주기적으로 증가, 감소시키고 이전의 출력 전압과 현재의 출력 전력을 비교하여 최대 전력 점을 찾는다. 일사량이 서서히 변하는 상황에서는 최대 전력 점이 안정하여 태양 전지 어레이의 손실이 적은 반면 일사량이 순간적으로 급변하는 경우에 순간적으로 태양전지 어레이 출력 전압이 최대 전력 점에서의 전압과 같지 않기 때문에 최대 전력 추종 제어를 벗어나는 단점이 있다.<sup>[2]</sup>

#### 4. 시스템 제어기

##### 4.1 승압형 컨버터의 제어

승압형 DC-DC 컨버터는 직류전원으로부터 직류 출력전압의 크기를 제어한다. 태양광발전 시스템에 적용하는 DC-DC 컨버터는 전류원으로 동작하는 태양전지로부터 입력되어진 직류전원의 에너지가 최대한 지점에서 출력 측으로 넘겨주는 역할을 담당한다. 이를 위하여 태양광발전 시스템에 적용되는 DC-DC 컨버터의 경우는 입력 측의 전류 및 전압 정보를 이용하여 계속적으로 변하는 최대 전력 점을 찾아 스위칭을 통한 Reactor 전류의 제어를 통해 최대 전력을 인버터로 전달한다.<sup>[5]</sup>

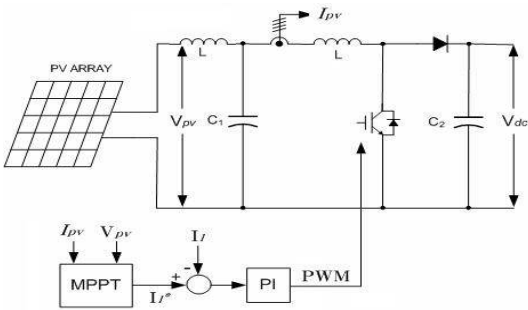


그림 3. DC-DC 컨버터의 제어 블록도

##### 4.2 인버터의 제어

DC-DC 컨버터의 MPPT 제어에 의해 전달된 전력은 직류 링크전압의 상승 유지시키므로, 인버터는 직류 링크 전압을 기준전압으로 제어하도록 출력 전류를 조절하여 DC-DC 컨버터에서 변환된 전력을 계통에 공급하게 된다. 계통전압  $V_{or}$ 를 센싱하여 위상 동기 제어 회로(Phase Locked Loop)를 거쳐 계통 전압의 위상과 일치하는 사인(sine) 값을 ROM table에서 만들어 낸다. 인버터의 직류 전압을 일정하게 제어하기 위한 제어기 출력과 기준 사인 값을 계산하여 인버터 출력전류 기준 신호  $I_{su}^*$ 를 만들어 낸다. 인버터 출력전류 기준신호  $I_{su}^*$ 와 인버터 출력 센싱전류  $i_{su}$ 의 차인 전류 에러를 이용하여 기준 전류를 추종하도록 하는 전류제어기가 동작하고 그 출력과 계통과 동상의 전압을 만들기 위한 전향 성분으로 계통전압  $V_{or}$ 를 더한 후, 비교기를 거쳐 PWM 출력을 만들어 낸다.

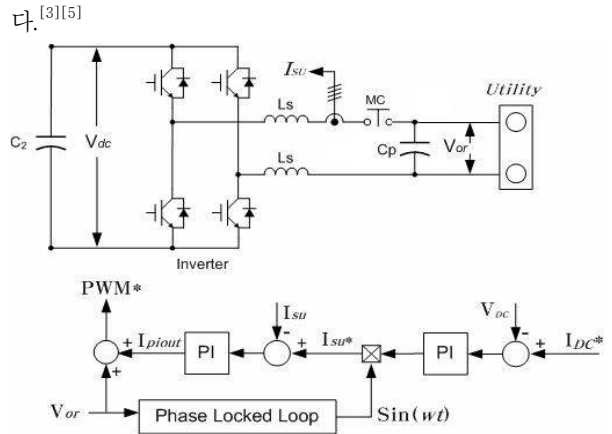


그림 4. 인버터의 제어 블록도

#### 5. 시험 결과

그림 5는 태양전지 어레이 시뮬레이터로 MPPT 추정 효율을 측정된 그림으로서 약 99.8%의 높은 추종효율을 보여 주고 있다.

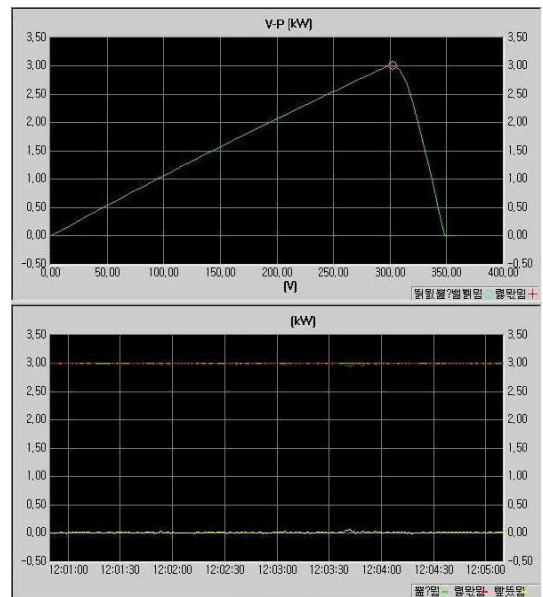


그림 5. MPPT 효율 측정

그림6은 일사량이 급변할 때의 인버터 출력을 보여주고 있다. 50%이상의 급변에도 인버터가 정지하지 않고 우수하게 추종됨을 알 수 있다.

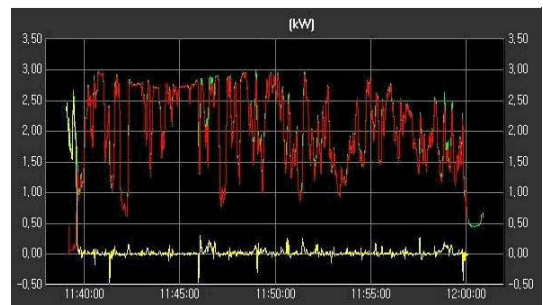


그림 6. 일사량 급변 시험

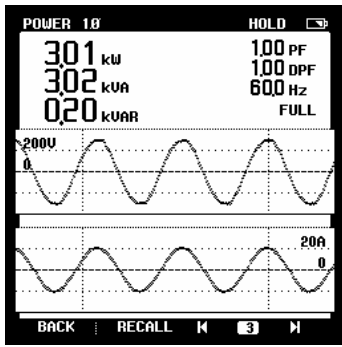


그림 7. 계통전압과 발전전류(정격부하) 역률

그림 7은 실제 상용전원에 연계시에 정격 전력에서의 인버터 발전 전류와 상용 전원의 전압 파형이다.

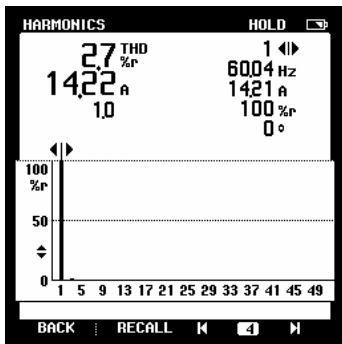


그림 8. 정격출력시의 전류 고조파 성분

그림 8은 상용전원에 연계하여 정격 전류에서의 THD (Total Harmonic Distortion)를 나타내고 있다.

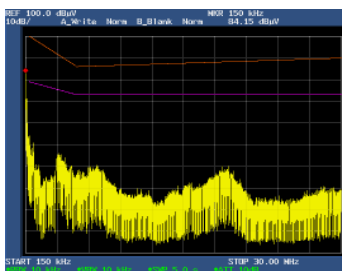


그림 9. 필터 적용 전 common mode noise

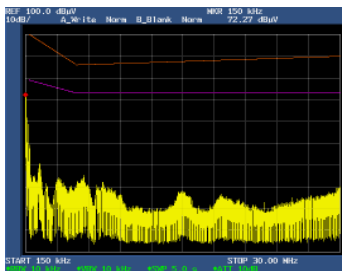


그림 10. 필터 적용 후 common mode noise

그림 9와 그림 10은 필터 적용으로 인한 EMI 저감 효과를 보여준다.



그림 11. 시제품 인버터 사진

## 5. 결 론

인버터의 시스템 처리속도를 높이기 위하여 메인 제어 보드의 CPU를 DSP320F2812로 사용하였다. 처리속도의 향상으로 인해 스위칭 속도를 높임으로써 THD의 증가 없이 Reactor의 값이 상당히 작아졌고, IGBT를 Discrete형으로 사용하고 IGBT Drive회로를 간단히 함으로써 인버터의 크기를 줄여 소형 경량화할 수 있었다. 기존의 인버터에 비해서 무게는 약 40%, 크기는 약 20%, 가격은 약 30% 감소하였다.

또한 기구를 실외형으로 설계함으로써 설치 장소의 제약이 없어졌다.

기존의 안정성을 보장하면서 무게와 크기를 줄여 결과적으로 제품의 가격을 낮춘 인버터를 개발하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] IEEE Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic(PV) Systems, IEEE Std 929-2000
- [2] Development and Testing of an Approach to Anti-Islanding in Utility-Interconnected Photovoltaic Systems SAND2000-1939
- [3] Photovoltaic Power Systems and the National Electric Code : Suggested Practices SAND2001-0674
- [4] Inverters, Converters, and Controllers for Use in Independent Power Systems UL1741
- [5] 문준선 외 3인, "3kW 무변압기 계통연계 태양광발전용 인버터 개발", 전력전자학회 논문집 2005. 07