

# 분산 배치용 태양광 발전 시스템을 위한 50kW급 계통연계형 인버터 개발

문준선, 박성우, 이동엽, 나병훈, 김영록, 유권종\*  
 헥스파워시스템(주) 연구소, 한국에너지기술연구원\*

## Development of 50kW Grid-Connected Photovoltaic Inverter for Dispersed station Generation

Joonsun Moon, Soungwoo Park, Dongyup Lee, Byunghun Ra, Youngroc Kim, Gwonjong Yu\*  
 Hex Power System Co., Ltd. R&D Center, KIER\*

### ABSTRACT

기존의 PCS는 저 출력에서 효율과 전력 품질이 낮은 단점을 가지고 있다. 이로 인하여 발전 사업자용 태양광 발전 인버터로 사용 시 전력 생산량이 떨어지게 된다. 이를 개선하기 위해서, 한 대의 단일 PCS 내에서 두 대의 인버터 스택을 적용, 개별/병렬 운전하여 효율과 전력 품질을 향상시키고자 하며, 향후 500kW급 인버터 개발에 기초 기술개발을 위하여 본 논문에서는 50kW급 계통 연계형 병렬 운전 PCS를 개발하였다.

그림 1은 50kW급 병렬 운전용 PCS의 단선도 이고, 표1은 PCS의 설계 사양이다.

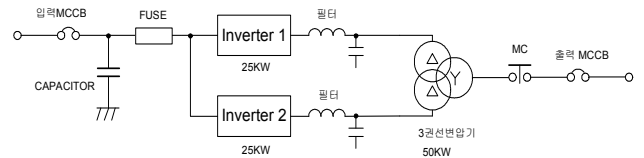


그림 1. 50kW급 태양광발전용 계통연계 병렬운전 PCS 단선도

### 1. 서론

전력변환장치로서 태양광 발전용 PCS는 신·재생에너지 사업에서 매우 중요한 기술임에도 불구하고 에너지의 기술적 인식과 시장성이 없다는 이유로 개발에 총력을 기울이고 있지 않는 실정이다. 그러나 향후 고효율, 경제성, 환경친화적 시스템, 신뢰성 등을 고려해볼 때 필히 기술 확보가 시급하다. 기존의 계통연계 태양광발전 시스템 및 연구개발의 방향은 저압배전계통에 연계되는 1kW급부터 50kW급의 가정용 혹은 산업용 소규모 시스템에 편중되어 왔다. 이러한 연유로 고압송전계통에 연계될 수 있는 분산배치형 MW급의 대규모 시스템에 대한 연구개발 사례가 드물었다. 이러한 이유로 전력변환장치로서의 PCS 또한 연구개발 혹은 보급에 있어 용량이 작은 시스템으로 개발되었고 이에 대한 개발투자도 편중될 수밖에 없었다.

본 연구는 도심지 빌딩의 유희시설(옥상, 주차장 등)에 설치되는 분산배치형 태양광 발전 시스템에 적용할 수 있는 병렬 운전형 PCS개발이 목적이다.

본 논문에서는 단일 용량 50kW급 인버터 보다 향상된 성능을 가지는 태양광발전 시스템에 적용할 수 있는 삼상 50kW급 태양광발전용 병렬운전 PCS 제품을 개발하였다.

### 2. 시스템 구성

#### 2.1 하드웨어 구성

본 연구에서는 TMS320F2812를 이용하여, 삼상 50kW급 계통연계 태양광발전용 병렬운전 PCS의 제품을 개발하였다. PCS 출력 전력이 25kW 이하일 때는 인버터1 만 동작하고, 출력이 25kW 이상일 때는 인버터1, 인버터2가 병렬운전 한다.

표 1. 50kW급 태양광발전용 계통연계 병렬운전 PCS 설계 사양

항 목	내 용
인버터 입력 전압	DC 300V ~ 600V
상수	삼상
정격 출력 용량	50kVA ( 25kVA×2 병렬운전 )
정격 출력 전압	계통 전압(220/380V)
정격 출력 주파수	계통 주파수(50/60Hz)
출력 주파수 변동률	계통과 동기운전
출력단 전류 파형 왜율	5% 이내(정격 부하시)
정전시 인버터 정지	500ms이내
계통전압 전압 변동률	+10%, -12% 이내 (계통 변동률)
효율	93% 이상(100% 부하시)
부하의 역률	0.95 이상
냉각방식	강제 공냉식
크기 및 무게	750×800×1588mm 500 kg

#### 2.2 시스템 제어기

병렬 운전 PCS의 인버터 제어기의 구성은 그림 2와 같다. 리액터, DC Link Capacitor, 그리고 전력용 스위치 소자인 IGBT로 구성되어 있는 전력 회로부, 전원 전압과의 위상을 동기시키기 위한 전원위상 검출기, DC Link 전압 일정 제어를 위한 전압 제어기, 전류 제어기, 2상-3상 및 정지-회전 좌표 변환기, 그리고 전력 소자를 PWM(Pulse Width Modulation)형태로 구동하는 게이트 구동회로로 구성되어 있다.

삼상 계통을 센싱하여 계통과 동기를 이루고, MPPT 제어기를 통하여 최대 출력점을 찾아, 전류제어기의 지령치로 입력시킨다. 입력된 전류 지령치를 D축과 Q축으로 나누어 제어를 하고 이를 다시 삼상으로 좌표 변환을 한 후, PWM 신호를 발생시켜 게이트 구동회로를 통해 전력 소자인 IGBT를 구동하여 태양전지 전력을 계통에 보내주게 된다.

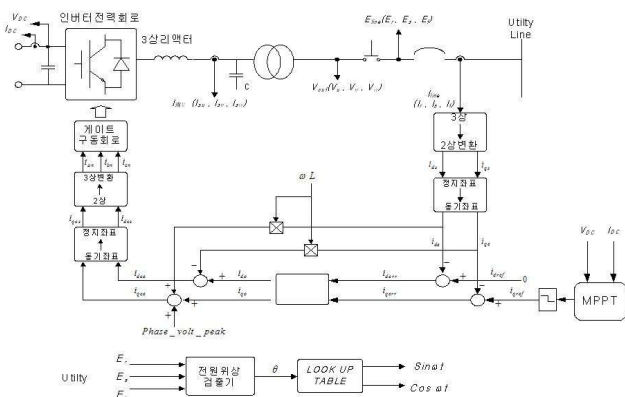


그림 2. PWM 인버터 제어기의 구성

### 2.3 병렬 운전 모드

병렬 운전 구성은 그림 3과 같다. PCS 용량은 50kW 이나, 2대의 인버터로 구성되어 있어, 각 인버터의 용량은 25kW이다. 각 인버터는 Master와 Slave 로 구성되며 인버터 출력이 25kW 까지는 Master만 동작을 하며, 25kW이상 출력이 나오게 되면, Slave가 동작하여 총 50kW 까지 출력이 나오게 된다. 또한, 각 인버터의 동작 시간을 판단하여, Master와 Slave가 교체가 되어 PCS의 수명 연장을 기대할 수 있다.

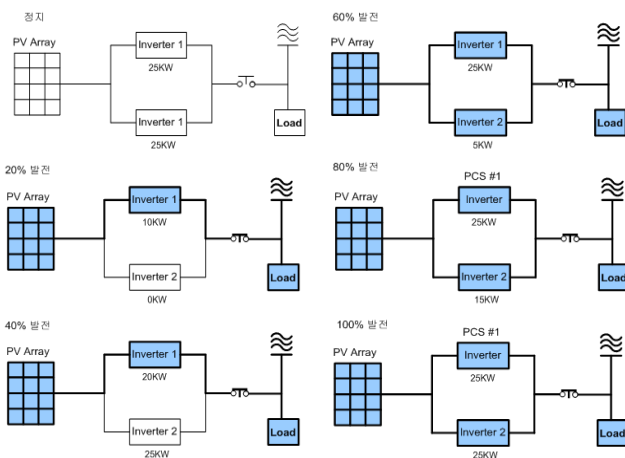


그림 3. 병렬 운전 모드

### 3. 시험 결과

그림 4에 단일 운전 PCS와 병렬 운전 PCS의 효율, 그림 5에서는 THD를 보여주고 있다. 병렬 운전 PCS의 효율은 모든 구간에서 92% 이상의 효율을 나타내고 있다. 용량이 증가할수록 THD가 감소하나 25kW에서 30kW로 용량이 증가 할 때에는 오히려 THD가 증가 하였다. 이는 Master 인버터는 25kW로 운전을 하고 있지만, Slave 인버터가 5kW만 운전을 하여 THD가 상승하였다.

단일 용량 50kW급 PCS의 효율은 약 20kW 정도에서 최고 93%이고, THD는 50kW에서 약 2%이다.

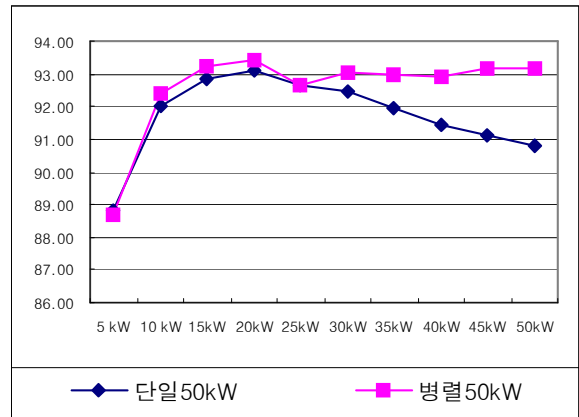


그림 4. 단일 PCS와 병렬 PCS의 효율 [%]

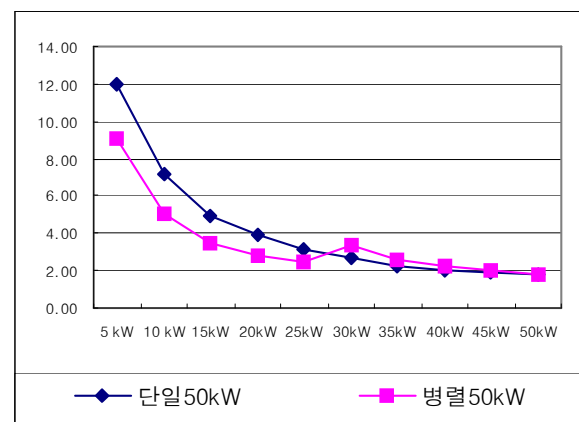


그림 5. 단일 PCS와 병렬 PCS의 THD [%]

그림 6에서는 PCS의 출력 전류와 계통 전압을 보여 주고 있고, 그림 7에서는 Master 와 Slave의 출력 전류를 보여주고 있다. Master 와 Slave의 전류가 동상임을 보여주고 있다.

그림 8은 PCS가 50kW로 운전중 일때의, 전압과 전류의 백터도 이다.

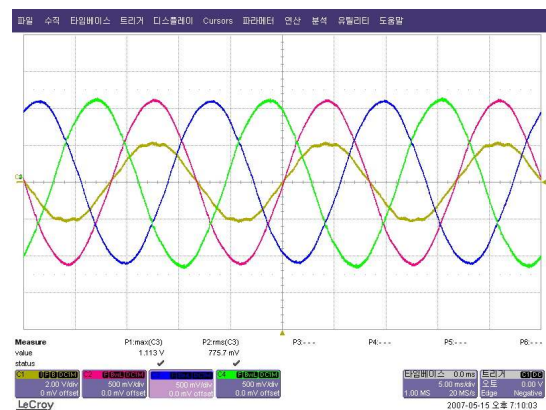


그림 6. PCS 출력 전류

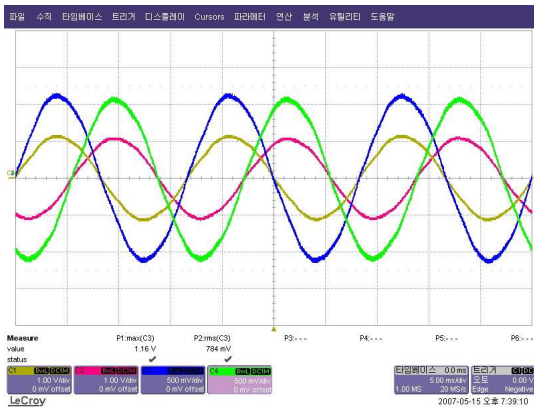


그림 7. Master 와 Slave 출력 전류

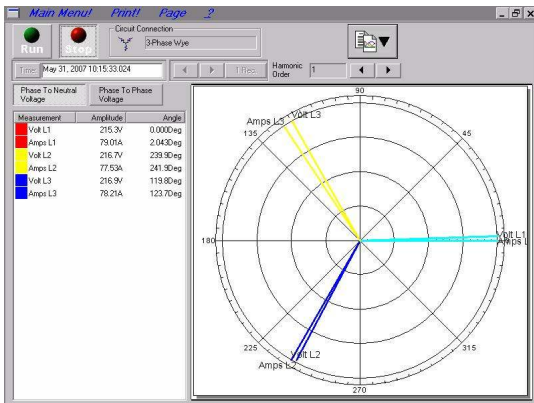


그림 8. PCS 출력 전류 역률

### 3. 결론

분산 배치형 MW급 태양광 발전에 적용할 수 있는 병렬 운전형 PCS를 개발 하였다. Master/Slave 병렬 운전 기술을 개발하여 향후 태양광 발전 시스템 운용 효율의 극대화를 기대할 수 있으며, 또한 PCS의 수명 연장을 기대 할 수 있다.

향후 PCS 1대의 인버터 2대가 Master/Slave 동작 방식이 아닌, 여러 대의 PCS간 Master / Slave 동작 방식 개발을 기대할 수 있으며, PCS의 집단체어 방식을 통한 분산 배치형 MW 급 태양광 발전 시스템 운용 효율의 극대화를 기대할 수 있다. 또한, 기 개발된 200kW급 인버터에 적용하면 향후 수 GW급 태양광 발전 시스템에 적용할 수 있는 인버터 개발에 기술을 활용 할 수 있다.

본 논문은 산업자원부에서 지원하는 신재생에너지 기술개발 사업 (과제번호 : 2006-N-PV02-J-02)에 의한 연구결과임.

### 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