

박막모듈용 3kW급 고주파 절연 PCS 개발

김종철, 박영호, 전세봉, 류승표
현대중공업 (주)

The Development of High-frequency Isolated 3kW PCS for Thin-film PV Modules

Jong Cheol Kim, Young Ho Park, Se Bong Jeon, Seung Pyo Ryu
Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

ABSTRACT

최근 박막 태양전지에 대한 관심이 증대되면서 이를 이용한 태양광 PCS에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 박막 태양전지는 모듈의 특성상, 기존의 비절연형 PCS를 사용하여 시스템을 구성하기에 적합하지 않다.

본 논문에서는 승압형 컨버터, 계통 연계형 단상 인버터 2단으로 구성된 비절연형 PCS에 고주파 절연형 컨버터가 추가되어 3단으로 구성된 박막모듈용 3kW급 고주파 절연 PCS를 소개한다. 또한 각종 시험 결과를 통해 적합성 및 성능을 검증하였다.

1. 서론

최근 낮은 제조 비용과 높은 효율을 갖는 박막 태양전지에 대한 관심이 증대되면서 이를 이용한 태양광 PCS(Power Conditioning System)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 박막 태양전지는 면적이 넓고 두께가 얇은 모듈의 특성상 기생 캐패시턴스(Parastic Capacitance) 성분이 커서, 비절연형 PCS를 사용한 경우 누설 전류가 크게 발생한다는 문제점이 있다. 또한 특정 모듈 업체 제품의 경우, 분극화 현상(Polarization effect)등의 문제를 방지하기 위해 양극 또는 음극 접지를 요구하기 때문에 회로 특성상 절연형 토폴로지를 채용한 PCS가 필수적이다. 따라서 승압형 컨버터, 계통 연계형 단상 인버터 2단(2 stage)으로 구성되어 있는 비절연형 PCS는 박막 태양전지에 사용하기 적합하지 않다.^[1]

본 논문에서는 승압형 부스트 컨버터, 계통 연계형 단상 인버터 2단(2 stage)으로 구성된 기존의 비절연형 PCS에 고주파 절연형 풀브리지 컨버터를 추가하여 3단(3 stage)으로 구성된 박막모듈용 3kW급 고주파 절연 PCS를 소개한다. 또한 각종 시험 결과를 통해 적합성 및 성능을 검증하였다.

2. 박막모듈용 3kW PCS 개발

2.1 박막모듈용 3kW PCS 개발

새롭게 개발한 박막모듈용 PCS는 크게 3부분으로 구성되어 있다. 본 연구에서 제안하는 3kW PCS의 구성도를 그림 1에 나타냈다. 부스트 컨버터는 넓은 범위를 가지는 PCS의 입력 전압을 일정한 DC 전압으로 승압한다. 풀브리지 컨버터는 부스트 컨버터를 통해 승압된 DC 전력을 고주파 변압기를 통해

절연된 DC 전력으로 변환한다. 계통 연계형 단상 인버터는 풀브리지 컨버터의 출력 직류 전력을 교류 전력으로 변환하여 계통으로 전송하는 역할을 한다. 전력회로의 아날로그 신호들은 ADC를 통해 디지털 신호로 변경되어 디지털 제어기(DSP)로 전달된다. 디지털 제어기는 이런 신호들을 기반으로 제어연산을 수행하고, 이를 통해 PWM 컨버터를 구동한다. 박막모듈용 PCS의 사양은 표 1과 같다.

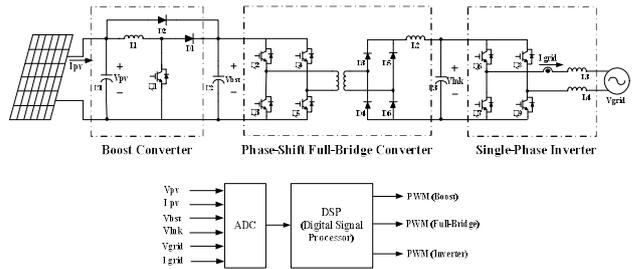


그림 1 박막모듈용 PCS 회로도

표 1 박막모듈용 PCS 사양

항 목	값	비 고
정격입력전압	350V	200~600V
정격출력용량	3kW	
정격계통전압	220V	193.6~242V
계통주파수	60Hz	59.5~60.5Hz

2.2 시스템 제어 알고리즘

그림 2는 각각 부스트 컨버터, 풀브리지 컨버터, 인버터의 제어 블록도를 나타낸 그림이다. 부스트 컨버터는 전압 제어를 통해 출력 전압을 일정하게 변환한다. 이 때, 특정 전압 이하의 입력 전압 범위에서는 부스트 컨버터가 활성화되는 BST Mode(Boost Mode)로 동작 하지만, 그 이상의 전압에서는 바이패스 캐패시터를 통해 전력이 전달되는 BP Mode(Bypass Mode)로 동작한다. 풀브리지 컨버터는 1차단과 2차단 레그(Leg) 사이의 위상(Phase)을 조정하면서 변압기 단에 전압을 인가한다. 이 때 풀브리지 컨버터는 고주파 스위칭을 통해 PWM 구동을 하고, 이를 통해 유효 듀티가 조정되면서 출력 전압을 제어할 수 있다.^[2]인버터는 단방향 스위칭(Unipolar)을 통해 PWM을 발생하고, 순시 전류제어를 통해 유효 전력을 제어한다.^[3]

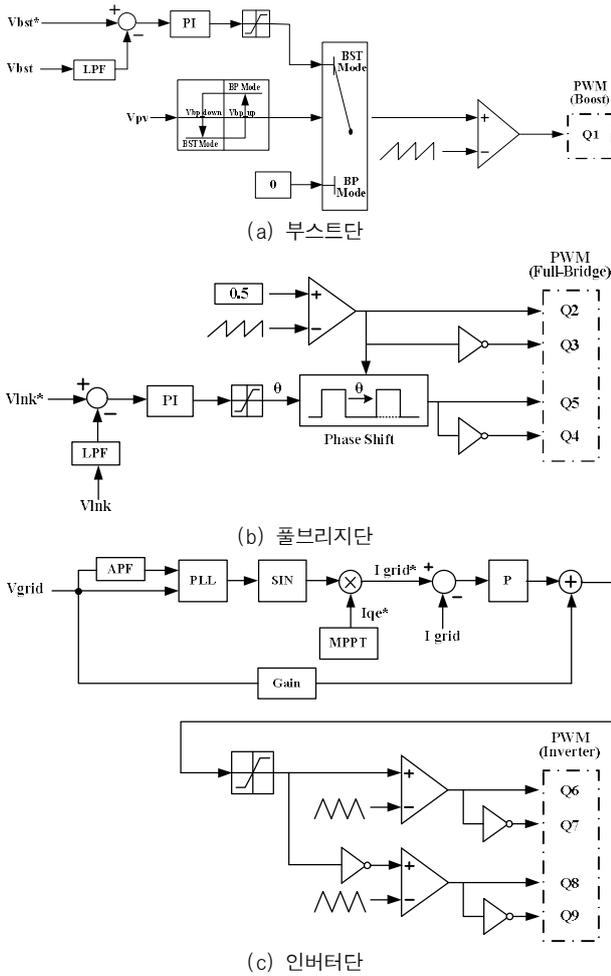


그림 2 제어 블록 다이어그램

2.3 성능 시험 및 결과

박막모듈용 3kW PCS의 성능 검증을 위해 프로토타입 회로를 제작하여 실험했다. 제어기는 TMS320F28335를 사용하여 구현하였으며 부스트 컨버터, 풀브리지 컨버터, 인버터를 동시에 제어할 수 있도록 했다. 입력 전원은 PV 시뮬레이터를 이용하였으며, 계통전원은 상용 220V를 사용했다.

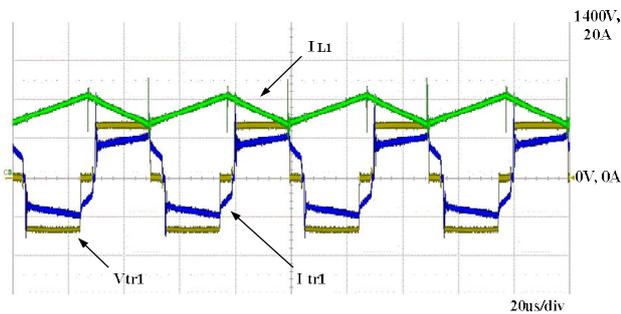


그림 3 부스트단 인덕터 전류(I_{L1}) 및 풀브리지단 변압기 1차측 전압(V_{tr1})/전류(I_{tr1}) 파형

그림 3은 정상 운전 중 부스트단 인덕터 전류 및 풀브리지단 변압기 1차측 전압/전류 파형이다. 풀브리지 컨버터 1/2차단 레그 사이의 위상 조절을 통해 변압기 1차측에 교류 구형파가 인가되고 있음을 확인할 수 있다. 또한 전압 파형에 따라 전류 파형도 교류 성분으로 나타나고 있다.

그림 4는 계통전압과 인버터 출력 전류를 나타낸 것으로 역률이 1에 가깝고, 파형은 정현파와 유사하게 제어되고 있음을 확인할 수 있다.

그림 5는 전류 지령치를 스텝으로 변화(3A→9A)시켰을 때 응답특성을 나타낸 것으로서, PCS가 빠른 시간 안에 전류 지령치를 추종함을 확인할 수 있다.

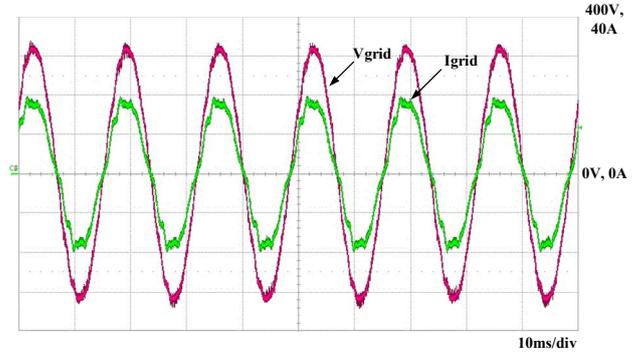


그림 4 계통전압(V_{grid}) 및 인버터 출력 전류(I_{grid})

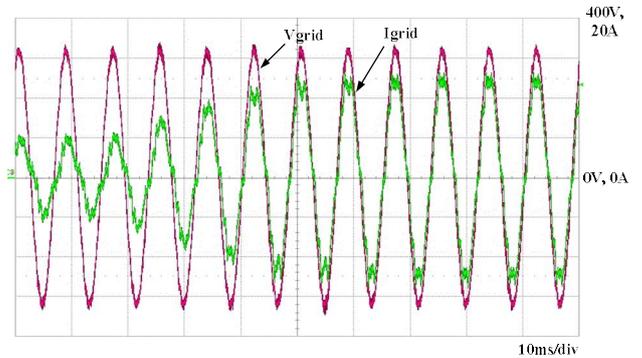


그림 5 전류지령 변화(3A→9A)에 따른 응답특성

3. 결론

본 논문에서는 새롭게 개발한 박막모듈용 3kW PCS의 구성을 살펴보고, 각 부의 제어 방식을 확인했다. 또한 프로토타입 회로 제작을 통해 제어 성능을 검증하고, 정상동작 상태를 확인했다. 향후 개발된 PCS를 상품화하기 위하여 회로/구조 개선을 통해 최적 설계를 수행하고, 시스템의 신뢰성 확보를 위한 연구를 지속적으로 수행할 예정이다.

참고 문헌

[1] SMA Technical Information, "Module Technology", <http://files.sma.de/dl/7418/Duennschicht TI UEN114630.pdf>
 [2] J.A. Sabate, V. Vlatkovic, R.B. Ridley, F.C. Lee and B.H. Cho, "Design Considerations for High Voltage High Power Full Bridge Zero Voltage Switched PWM Converter", in proc. Applied Power Electronics Conf. and Exposition (APEC '90) (1990).
 [3] 김태완, 전세봉, 류승표, 서광덕, "단상 계통연계형 태양광 발전시스템 인버터의 전류제어에 관한 연구", 전력전자학술대회 논문집 pp.101-104, 2004.7.