

4kW 태양광 발전용 PCS 개발

이현두*, 박영호*, 전세봉*, 김종규*, 류승표*, 이세현*
*현대중공업(주)

Development of the 4kW Photovoltaic Power Conditioning System

H. D. Lee*, Y. H Park*, S. B. Jeon*, J. G. Kim*, S. P. Ryu* and S. H. Lee*
*Hyundai Heavy Industries Co., LTD

ABSTRACT

The main purpose of this study is to design and develop the grid connected 4kW photovoltaic PCS(Power Conditioning System) targeting for Japanese market. To make this task, the development of DC to DC converter, one phase inverter and EMI filters, and the research on connection between inverter and utility line are made. The developed 4kW PCS has fully carried out performance verifications and evaluation works and acquired the JET(Japan Electrical Safety & Environment Technology Laboratories) certification for safety and performance..

1. 서 론

최근 들어 일본정부는 태양광발전 지원제도의 변경을 통하여 주택, 학교와 같은 공공건물에 태양광발전 시스템의 보급을 촉진하는 정책을 펴고 있으며, 이로 인하여 일본 태양광발전 시장이 활성화 되고 있다. 당사에서 일본 태양광발전 시장에 진출하기 위하여 태양광 모듈은 인증을 취득하였고, 모듈과 함께 요구되는 일본 주택용 4kW PCS(Power Conditioning System)를 개발하게 되었다.

본 논문은, JET(Japan Electrical Safety & Environment Technology Laboratories) 인증[1]을 고려하여 개발된 일본 수출용 4kW급 태양광 PCS의 구성, 제어 알고리즘 및 국내 인증기관에서 수행한 시험결과에 대하여 기술한다.

2. 일본 태양광 PCS의 구성

국내주택에서 사용하고 있는 전기의 경우 단상 2선의 AC220V, 60Hz를 사용하는 반면에, 일본은 단상 2선이나 계통과 연결되는 결선방식은 단상 3선이며, 지역적으로 AC101-202V, 50/60Hz를 사용함으로써, 4가지로 조합되는 조건을 모두 충족할 수 있는 PCS가 요구되고 있다. 또한, 지진 등 자연재해로 인한 계통사고가 발생할 경우를 대비하여 계통연계 발전방식에서 자립운전으로 전환하여 최소한의 전기를 가장 내에 공급해야 하는 기능도 필요하다.

본 연구에서 제안하는 PCS의 구성도를 그림 1에 나타내었다. DC100~380V로 변동되는 태양전지의 출력전압을 계통연계

를 위해 필요한 DC Link전압으로 승압하는 역할을 하는 승압형 컨버터와 태양전지에서 생산되는 직류전력을 교류전력으로 변환하여 계통으로 전송하는 역할을 하는 계통연계형 인버터가 직렬로 연결된 2-Stage 방식의 전력회로로 구성되어 있다. 이를 제어하는 제어기는 PCS의 입/출력단의 전압 및 전류센서를 통하여 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 제어알고리즘을 구현하며, 각종 고장 검지 회로를 통하여 고장 시에 동작을 정지시키고, 그 내용을 표시한다. 또한, 입/출력 필터를 사용하여 PCS에 의하여 외부로 유출되는 전자파를 억제하여 태양광 모듈이나 계통을 보호한다[2].

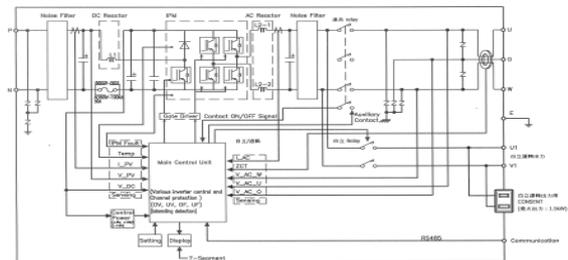


그림 1 시스템 구성도
Fig. 1 System Configuration

3. 제어 알고리즘

본 절에서는, JET 인증시험 항목과 연계하여 4kW PCS에 적용된 주요한 제어 알고리즘에 대하여 기술한다.

3.1 계통연계 전류제어

계통연계형 인버터는 발전전력을 최대화하기 위하여 전류제어와 역률제어를 사용한다. 단상 인버터에서 전류제어는 삼상 인버터와 달리 순시제어가 어려워 RMS 기반으로 제어를 해왔었다. 하지만 최근 디지털제어가 보편화되고 마이크로 프로세서를 이용한 제어가 널리 이용되면서 삼상 인버터의 순시 전류제어와 유사한 방법이 적용되고 있다. 순시 전류제어는 보통 순시 전류 PI제어기와 순시 예측 전류제어기 등이 적용가능하며, 본 연구에서는 순시 예측 전류제어기를 사용하였다. 전류제어가 순시적으로 빠르게 이루어져야 하는 이유는 출력전류의 직류성분을 최소화 하여 계통의 전력품질을 저해하지 않아야 하고, 무효전력변동 방법과 같은 단독운전 검출방식을 적용하기 위함이다[3].

3.2 자립운전 전압제어

단상 PWM 인버터는 일정전압 일정주파수(CVCF : Constant Voltage Constant Frequency)제어를 통해 각종 선형 및 비선형 부하에 대해 우수한 제어특성을 수행하여 안정된 단상전압을 출력한다. 기존 단상 교류전압제어에 사용하는 RMS 제어는 일정주기마다 RMS값을 계산하여 제어하므로 간단하나, 동특성이 느려 급격한 부하변동이나 비선형부하에 대한 제어 성능이 나쁜 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 출력전압을 PLL 기법으로 크기성분과 위상성분으로 나눠 크기와 위상을 직류 값으로 제어하여 정상상태 오차를 최소화하고, 각종 부하 및 부하변동 상황에 대해 우수한 제어특성을 가지도록 구현하였다.

3.3 전압상승억제 제어

PCS가 동작하고 있을 때, PCS의 출력전류와 선로 임피던스에 의해 계통전압이 상승하는 경우가 발생하는데, 이러한 계통전압의 상승을 억제하는 기능이 필요하다. 계통 임피던스가 $0.38\Omega + 0.45mH$ 이면, PCS의 정격 출력전류 20A에서, 최대 약 7.6V 전압상승이 있을 수 있다. 이 경우 전압상승억제 설정치 및 출력제어 설정치를 설정하여 기능을 구현한다. 전압상승억제 전류제어의 범위는 10~20A이다. 계통전압이 상위레벨에서 전압이 상승하는 경우에는 전압의 상승을 억제할 수 없으며, 이 경우에는 계통 과전압 계전기로 보호한다.

4. 성능시험 및 결과

본 연구에서 개발된 PCS의 기능 및 성능을 검증하고, 일본 인증취득을 위하여 JET의 시험기준인 『태양광 발전시스템용 계통연계 보호장치 등의 시험방법 통칙』에 준하여 인증취득의 적합성 여부를 시험하기 위해 그림 2와 같은 PCS를 제작하였으며, 인증시험 항목중 중요한 항목과 그 결과에 대하여 아래에 기술한다[4][5].



그림 2 개발된 PCS
Fig. 2 Developed PCS

4.1 주파수 상승 및 저하시험

PCS가 발전동작 중에 계통주파수의 변동에 따라 동작이 정지함을 확인하는 시험으로, 보호레벨은 설정치의 $\pm 0.1Hz$ 이내일 것이며, 동작시간은 설정치의 $\pm 0.1초$ 이내에 보호동작이 발생되어야 한다. 그림 3은 주파수 상승시(60Hz), 그림 4는 주파수 저하시(60Hz)에 PCS가 동작된 상태를 측정된 결과이다.

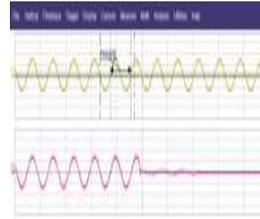


그림 3 주파수 상승 시험
Fig. 3 Freq. Rising Test

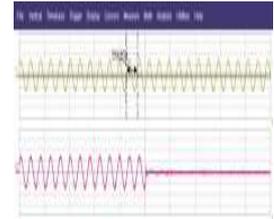


그림 4 주파수 저하시험
Fig. 4 Freq. Falling Test

4.2 단독운전방지 시험

단독운전이란 계통사고에 따른 차단기의 동작 또는 보수작업에 의해 계통에 전력공급이 중단되었을 경우에도 PCS가 계속해서 계통에 전력을 공급하는 현상을 말하며, 단독운전 발생 시 일정시간 내에 PCS는 발전동작을 중지하여야 한다. 단독운전 검출방법에는 수동적 방식과 능동적 방식이 있다. 일본의 경우, 단독운전 검출로 PCS의 발전동작이 중지된 이후 일정시간 지속 후 자립운전으로 최소한의 전력을 주택으로 공급하여야 한다. 측정결과를 그림 5에 나타내었다.

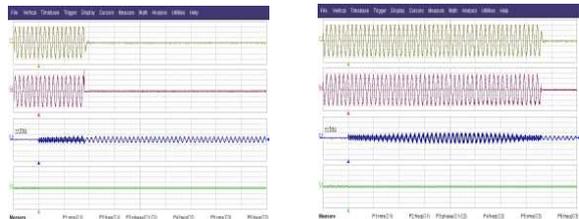


그림 5 단독운전방지 검출 결과
Fig. 5 Anti-Islanding Detection Test

5. 결론

본 논문에서는, 일본정부의 태양광발전 시스템 보급촉진정책에 따라 활성화 되고 있는 일본 태양광발전 시장에 당사가 진입하기 위하여 필요한 태양광 발전용 PCS를 개발할 목적으로 수행되었다. 일본주택의 전력계통 특성에 적합한 전력회로와 제어기 및 제어 알고리즘을 개발하고 시제품을 제작하여 성능 시험을 수행하였으며, 절연성능, 과도응답 특성, 환경적합성, 자립운전 시험, 구조시험과 공장실사 등 모든 항목에 대한 시험이 완료되어 일본인증기관인 JET로부터 인증을 획득하였다.(P-0143, 2010. 03. 26)

참고 문헌

- [1] JET, 2005, “태양광발전 시스템용 계통연계보호장치 등의 시험방법통칙”
- [2] 류승표 외 5명, 2007, “공공건물용(산업용) 무변압기형 PCS 상용화 제품 개발”, 현대중공업, HEMRI-07-AH-041.
- [3] 정세교 외 1명, 2004, “PLL 기법을 이용한 단상 PWM 인버터의 정상상태 성능개선”, 전력전자학회, 제 9권
- [4] 이현두 외 3명, 2009, “태양광발전소 스트링 모니터링 접속반 표준화”, 현대중공업, HEMRI-09-AB-030.
- [5] 이현두 외 4명, 2006, “10kW급 태양광발전 시스템의 정보 전송방식”, 전력전자학회 하계학술대회, pp. 228 - 230.