

대규모 태양광 발전설비를 위한 전력변환기 개발

강호현, 정홍주, 김왕문, 서인영
(주)효성 중공업연구소

Development of 250kW Power Conditioning System for Large Scale Photovoltaic Power Plant

Hohyun Kang, Hongju Jung, Wangmun Kim, Inyoung Suh
Power & Industrial Systems R&D Center, Hyosung Corporation

ABSTRACT

This paper presents the design, development and performance of a 250kW power conditioning system(PCS) for large scale photovoltaic power plant. The PV inverter consists of a three phase IGBT stack, L-C filter, transformer and HMI unit for monitoring. To verify the performance of the PV inverter a testing facility was designed and constructed to simulate the characteristics of the solar cell and grid.

1. 서 론

지구온난화와 석유에너지 고갈에 따라 많은 신재생에너지를 이용한 대체에너지에 대한 개발 및 상용화가 이루어지고 있다. 그중, 광기전력효과를 이용하여 전기에너지를 생성하는 태양광 발전시스템은 풍부한 태양의 빛 에너지를 이용하기 때문에 무한한 자원을 가지고 있으며, 발전에 필요한 원료비의 지출이 없고 운전 및 유지보수가 용이하며 발전용량의 선택에 자율성이 있다는 장점을 가지고 있어 현재 가장 주목을 받으며 상용화가 진행되고 있는 발전방식이다. 이러한 태양광 발전설비를 위한 전력변환기는 높은 최대전력변환 효율이외에 전체 부하영역에서의 고효율이 요구되며 PCS의 사고 또는 고장에 의한 시스템 정지를 최소화할 수 있는 높은 신뢰성을 요구한다.^[1, 2]

본 논문은 이러한 요구조건을 충족하는 태양광 발전설비를 위한 250kW급의 전력변환기의 개발에 관해 소개한다.

2. 본 론

2.1 시스템의 구성

그림 1은 250kW급 전력변환기의 전체 구성을 나타낸다. 시스템은 태양광 모듈의 직류전력을 교류로 변환하기 위한 삼상 IGBT Stack과 L-C필터, 변압기 및 사용자의 시스템 관리 및 원격 모니터링을 위하여 Touch-Screen LCD를 채용한 HMI Unit이 장착되어 있고 또한, 각 구성요소들의 제어를 위해 DSP를 이용한 제어기로 구성되어 있다.

표 1은 250kW급 태양광 전력변환기의 전체 사양을 나타낸다. 제시된 사양을 기준으로 시스템을 설계, 제작하였으며 성능의 평가를 위하여 시뮬레이션 툴을 이용한 모의시험을 진행하였다.

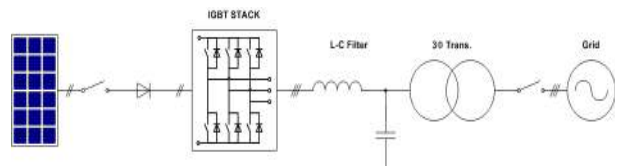


그림 1 250kW급 전력변환기 단선도
Fig 1 Single Line Schematic of 250kW PCS

표 1 시스템 설계사양
Table 1 Specification of 250kW PCS

구 분		사 양
입력사양	MPPT 전압범위	450-820 V
	최대전압	900 V
	최대전류	590 A
출력사양	정격용량	250 kW
	정격전압	380 V
	정격전류	380 A
	주파수	60 Hz
	역률	> 0.99
최대 전력변환효율		≥ 95%
보호기능		OV, UV, OC, OT, SC
냉각방식		강제공냉
주변온도		-20 ~ 40°C

2.2 PCS제어 알고리즘

태양광 모듈은 일사량과 온도조건에 의하여 개방전압 및 단락전류의 특성이 변화하며 PCS는 이러한 외부환경조건 변동에도 최대전력을 얻을 수 있는 태양광 모듈의 전압 및 전류를 추종하여 발전하도록 제어해야만 한다. 이러한 제어방식을 최대전력추종제어(MPPT - Maximum Power Point Tracking)이라 한다. 최대전력추종제어의 기법에는 여러 가지 방식이 있으나 그중 비교적 제어가 간단하고 제어에 필요한 연산량이 적은 P&O방식을 적용하여 최대전력추종제어를 구현하였다. 그림 2는 P&O방식의 제어 알고리즘의 순서도를 나타내었다.^[3, 4]

또한 인버터의 출력전압을 계통에 연계시키기 위해 계통의 위상과 동기된 기준전압을 생성해야한다. 따라서 그림 3과 같이 동기좌표계상의 PLL방법을 적용하여 기준위상각 θ 를 결정

하고 이를 이용하여 그림 4와 같이 인버터의 출력전류를 제어한다.

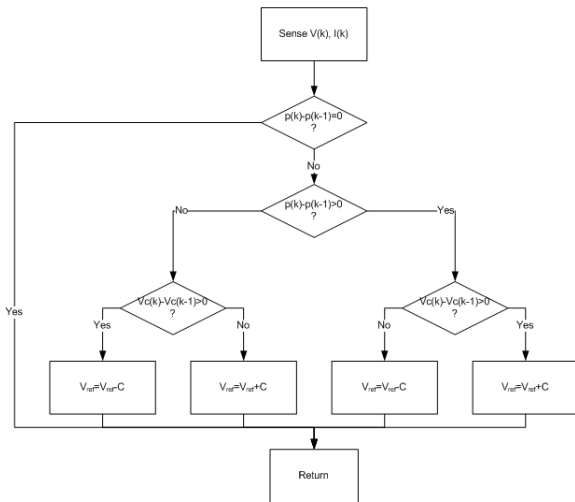


그림 2 P&O MPPT 알고리즘
Fig 2 P&O Algorithm of MPPT

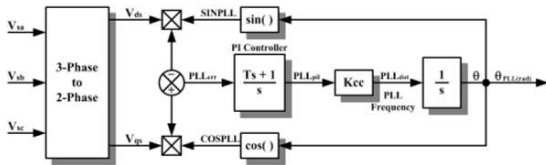


그림 3 동기좌표계상의 PLL 블럭도
Fig 3 PLL Block Diagram

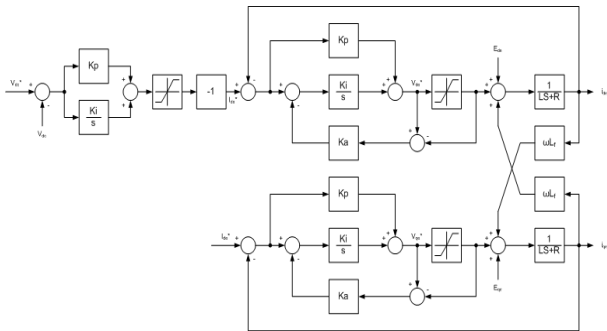


그림 4 계통연계형 인버터의 제어블럭도
Fig 4 Control Block Diagram of Grid-connected Inverter

2.3 모의실험 결과

설계된 시스템과 제어기의 성능시험을 위하여 PSCAD를 이용하여 모의실험을 진행하고 시스템의 성능을 평가하였다. 그림 5는 PSCAD상에서 작성된 시스템의 구성을 나타낸다. 그림 6은 모의실험에서 모델링된 태양전지모듈의 V-I 및 V-P의 특성곡선이다. 그림 7은 PCS의 정상상태 운전시 정격부하운전조건에서의 입력 전압 및 전류를 나타낸 것으로 그림 6에서의 태양광모듈의 최대전력점인 554V를 정확히 추종하는것을 알 수 있다. 그림 8은 계통전압과 PCS의 출력전류를 나타낸 것으로 단위역률로 제어되는 출력전류를 확인할 수 있다.

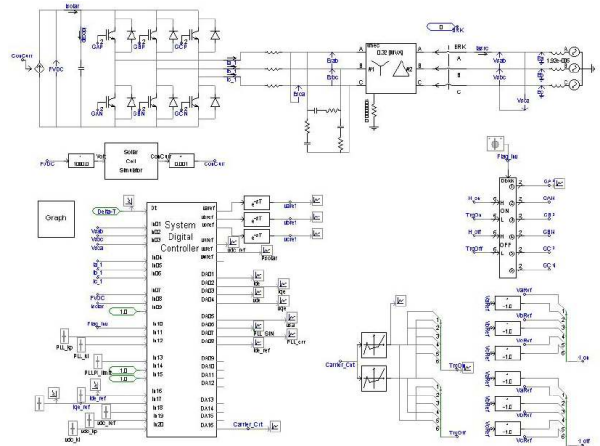


그림 5 250kW PCS 모의실험 회로
Fig 5 Simulation circuit of 250kW PCS

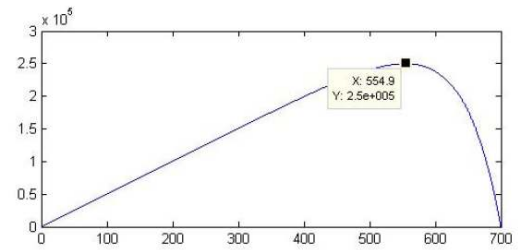
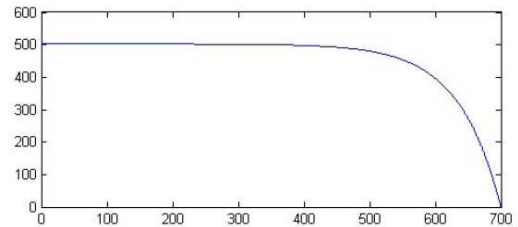


그림 6 태양광모듈 특성그래프
Fig 6 Characters Graph of PV Module

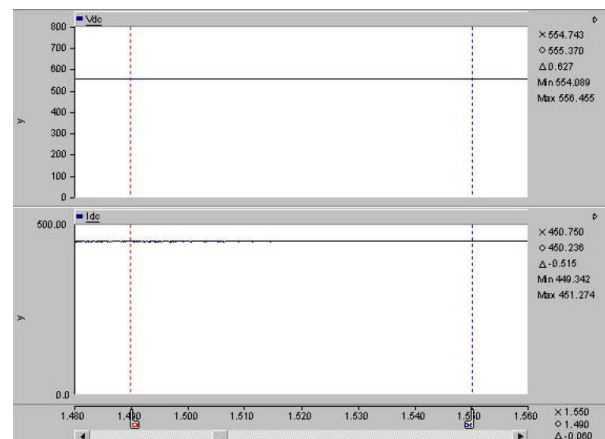


그림 7 PCS입력 전압/전류
Fig 7 Graph of PCS Input Voltage/Current

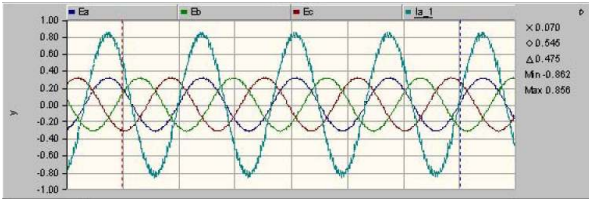


그림 8 계통전압 및 PCS출력전류
Fig 8 Graph of Grid Voltage & PCS Output Current

2.4 PCS시험설비의 구축

현재 국내의 10kW 미만의 태양광발전용 PCS의 인증시험 항목으로는 구조시험 및 절연성능시험, 보호기능 및 정상특성 시험, 과도응답 및 사고시험, 내전기 및 내주의 환경시험과 같이 크게 4가지의 대분류로 구성되어 있으며 10kW이상 250kW 미만의 PCS를 위한 인증시험제도 및 시험설비를 구축중에 있다. 이러한 국내 및 국외의 인증시험기준에 준하는 시험환경조건을 마련하기 위해 그림 9와 같이 시험설비를 구축하였다.^[5]

일사량 및 개방단자전압, 온도 등 태양전지 환경변수의 프로 그래밍이 가능한 PV Simulator를 개발, 설치하였으며 유, 무효 전력을 조절하여 Q-factor의 설정이 가능한 R-L-C Load Bank, 전력계통의 위상급변 및 Sag, Swell과 같은 과도상태의 모의가 가능한 전력계통 시뮬레이터를 설치하여 개발된 PCS를 시험중에 있다.

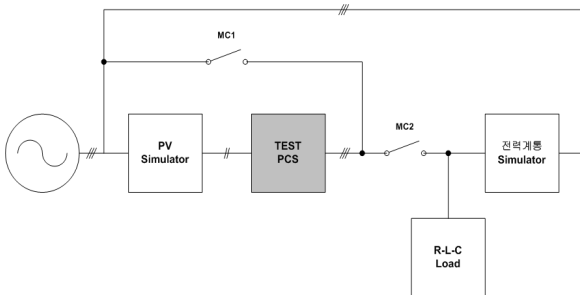


그림 9 PCS시험설비 구성도
Fig 9 Block Diagram of Testing Facility for PCS

정상상태에서의 특성시험을 위하여 MC2를 차단시켜 지역부하 및 계통시뮬레이터를 분리시킨후 MC1을 단락시켜 PCS를 상용계통에 연계한 후 성능을 측정하고 과도응답시험 및 외부 사고시험 항목의 성능측정을 위하여 MC1을 차단, MC2를 단락시켜 전력계통시뮬레이터와 R-L-C Load를 이용하여 모의 전력계통과 지역부하를 이용하여 계통과도응답 및 독립운전방지 시험을 진행한다.

3. 결 론

본 논문에서는 대규모 태양광발전설비를 위한 250kW급 PCS의 개발에 관하여 기술하였다. 넓은 범위의 부하조건에서 높은 효율과 고신뢰성을 요구하는 태양광발전 설비용 PCS의 요구조건에 의해서 설계된 시스템의 성능을 모의실험을 통하여 확인하였다. 향후 시험설비 및 실증시험을 진행하여 제작된 시스템의 성능을 측정하고 대규모 태양광 발전소에 병렬 설치시 발생하는 여러 가지 현상분석 및 해결방안에 대하여 논의할 것

이다.

참 고 문 헌

- [1] 임희천 외, "태양광 발전(Photovoltaic) 기술 동향", 전력전자학회지 제8권 제3호, 2003. 6
- [2] Michael Johnston, "Photovoltaic Inverter Needs", DOE Workshop on system driven approach to inverter R&D
- [3] Trishan Esum and Patrick L. Chapman, "Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques", IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 22, NO. 2, JUNE 2007
- [4] N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo, and M. Vitelli, "Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method", *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 20, no. 4, pp. 963-973, Jul. 2005.
- [5] 안교상 외, "태양광 발전 계통연계 기술", 전력전자학회지 제12권 제1호, 2007. 2