

50kW급 3상 멀티 스트링 PCS 연계운전 특성

김의환*, 김지훈*, 안교상*, 이희상**
한전전력연구원*, 한양정공(주)**

The Characteristics on grid interactive Operation of the 50kW 3-phase Multi-string PCS

Eui-Hwan Kim*, Ji-Hoon Kim*, Kyo-Sang Ahn*, Hee-Sang Lee**
KEPRI - KEPCO, Hanyang Electric Co., Ltd**

Abstract - 신재생에너지 분야 중 가장 활발하게 개발 및 보급되는 태양광발전은 유한 에너지인 석유, 석탄, 천연 가스에 비해 비고갈성의 청정 에너지원으로 각광 받고있다. 화석연료를 사용하면서 발생 할 수 있는 지구환경 문제에 대처 할 수 있고, 수력이나 원자력발전과 달리 비교적 입지에 영향이 적을 뿐만 아니라 전력 수요지 근처에 설치하여 직접 전기에너지를 공급할 수 있는 이점이 있다. 반면에 그늘이나 구름 등 주변 환경에 영향을 많이 받고 넓은 부지와 높은 초기 투자비를 필요로 한다. 특히 태양광발전은 직류전력을 발생하므로 이를 교류로 변환시키는 태양광발전용 전력변환장치(Power Conditioning System; 이하 "PCS")가 필요하다. 본 고에서는 중소기업지원과제로 개발되어 한전전력연구원의 태양광발전 실증시험장에서 실 계통 연계 운전을 통하여 취득한 50kW급 계통연계형 multi-string PCS의 초기 운전특성에 대하여 소개하고자 한다.

해 A지점에서 발전이 이루어지거나 B지점에서 발전이 이루어지는데, B의 지점에서 발전을 할 경우 그림자가 드리운 태양전지들은 아무런 전력을 발생시키지 못한다. 만일 A지점에서 발전을 한다면, 그림자로 가려진 태양전지는 최대의 전력을 발생하고, 태양 빛을 많이 받는 B지점의 태양전지는 A지점에서 발전량 보다 더 많은 전력이 생산될수 있지만, 실제로 전력량이 감소한다. 즉 태양광 발전설비의 모든 태양전지가 같은 전압에서 발전을 하기 때문에 발전효율은 예측할 수 없는 측정값을 보여줄 것이며 이로 인하여 출력특성은 설계값과 상당히 다른 모습을 보여줄 것이다.

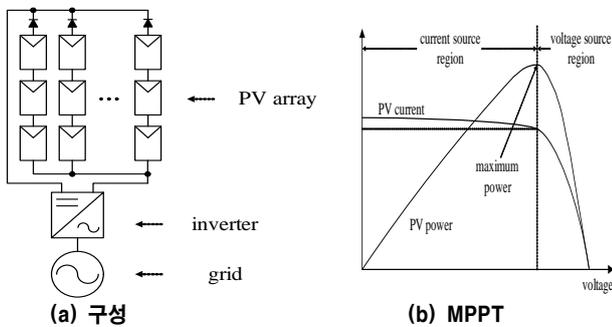
1. 서 론

태양광발전은 태양전지(solar cell) 모듈(module)과 PCS 등 주변장치(Balance of System; 이하 "BOS")로 구성되어 있으며 태양전지에서 태양광을 받아 전기에너지로 변환시키는 직접발전 방식이다.

태양전지 모듈은 직·병렬로 조합하여 PCS의 입력 전압에 맞춰 발전 전력을 결정하고, 태양전지 Array의 병렬 접속된 수량에 맞추어 접속반이 구성 되어진다. 이 접속반을 경유하여 직류전력이 PCS에 공급됨으로써 PCS의 입력인 직류전력이 교류전력으로 변환되어 계통에 전력을 공급하게 된다. 본 연구는 2007년 4월 2일부터 2009년 3월 31일까지 개발된 계통연계형 50 kVA 3상 Multi String PCS를 한전전력연구원 태양광 실증설비를 활용하여 실 계통 연계운전을 실시하고 그 운전특성에 대한 연구결과이다.

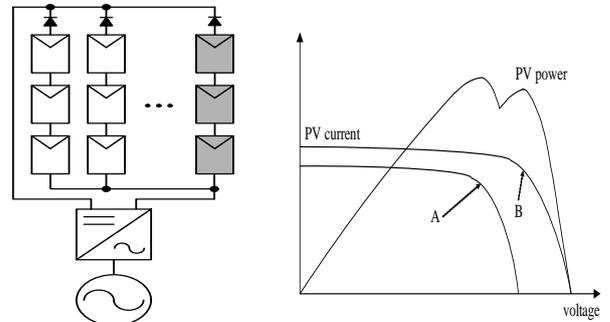
2. 본 론

그림 1은 태양전지의 전압, 전류, 전력특성을 나타내고 있으며 비선형적인 특성이 있다. 최대 전력을 발전하기 위해서는 최대출력 추적 제어(MPPT)를 통해 최대출력점에서 발전을 하여야 한다. 이러한 특성은 일사량과 온도 등 외부 환경에 많은 영향을 받는다. 태양광 발전시스템은 넓은 면적의 태양전지를 사용하므로, 모든 태양전지에 입사되는 태양에너지의 특성과 일사량 등의 기상 상태가 같아야 최적의 성능을 나타낸다. 즉, 이상적인 환경에서는 그림 1의 시스템은 아무런 문제가 되지 않을 수 있으나, 실제상황은 그렇지 않다.



〈그림 1〉 태양광발전 Array 구성

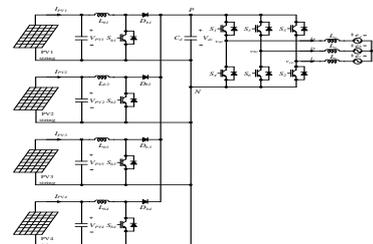
예를 들어, 그림 2의 (a)와 같이 태양전지 Array의 일부에 그림자가 드리울 경우 태양전지 특성은 그림 2의 (b)와 같이 된다. 전압이 높고 전류가 많은 부분은 태양빛을 많이 받는 태양전지이고, 전압이 낮고 전류가 적은 부분은 그림자가 드리운 태양전지이다. 이 경우 MPPT를 통



〈그림 2〉 태양광발전의 Array 일부에 그림자 발생 경우

2.1 Multi-String PCS 개요

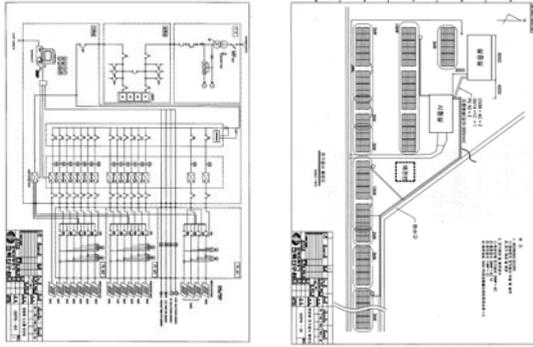
입력의 조건을 임의로 제어할 수 없는 자연에너지를 이용하는 태양광 발전은 기상의 영향에 절대적으로 의존하고 있으며, Multi-string PCS는 이러한 문제를 해결하여, 발전효율을 높일 수 있는 방법중의 하나이다. 태양전지 Array를 직렬로 연결된 string을 독립적으로 MPPT 제어하여 그림 2와 같은 기상 조건에서 햇빛을 많이 받는 태양전지는 B의 지점에서 전력을 발생하고, 그림자가 드리운 태양전지 Array는 A의 지점에서 전력을 발생하기 때문에 각각의 태양전지 string이 최대의 전력을 낼 수 있다는 장점이 있다. 즉 대면적 대용량 태양광발전의 경우 단일 PCS를 적용할 때 최대의 전력을 얻기 위해 multi-string PCS는 보다 효율적인 발전을 할 수 있다.



〈그림 3〉 multi-string PCS의 회로구성

50 kVA Multi-string PCS는 그림 3과 같이 4개의 DC/DC Boost Converter와 1개의 3상 Inverter로 구성되었으며 각각의 Boost Converter는 정격 전압의 25% 용량이며 2개의 Boost Converter의 PWM 스위칭 주기는 다른 2개의 Boost Converter의 PWM 스위칭 주기와 같으나, 위상이 180도 차이가 나도록 하여 직류 전압 링크의 스위칭 전압 리플이 적게 하고자 하였다.

2.2 태양광발전 실증시험설비 구성도



〈그림 4〉 실증시험설비 회로 및 배치도

계통연계형 태양광발전 실증시험장은 1998년에 1차 50 kVA급 구축되었으며, 2002년에 주택용 PCS 개발 및 실증운전평가를 위하여 현재와 같은 실증설비 구축이 완료되었다. 본 실증설비는 소규모 단상 1 kWp, 2 kWp, 3 kWp, 5kWp 및 3상 10 kWp와 50 kWp를 실증운전 할 수 있도록 설계/구축되었다.

태양전지 Module은 당시 일반적으로 보급되던 53 Wp 모듈 20 직렬 3병렬의 16 Array의 총 모듈 960 개로 구성되어 있으며, 이에 더하여 53 Wp 모듈 15 직렬 4 병렬의 3 kWp급 시스템 1개로 구축되어 다양한 용량의 설비를 실증운전 할 수 있도록 하였다.

그림 4와 표 1은 실증시험설비 회로 및 배치도, 설비규격을 각각 보여주고 있다.

〈표 1〉 실증시험설비 규격

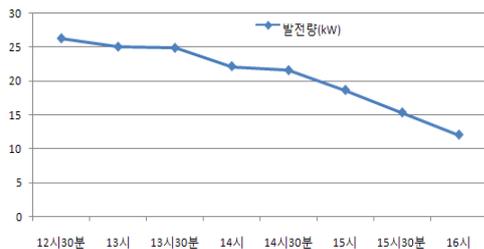
항 목	규 격	
태양전지 Module	종 류	단결정 실리콘 태양전지
	용 량	53 Wp
	효 율	14%
태양전지 Array	결선방법	20직렬×3병렬×16개 Array
	경 사 각	30°(경격전압 : 348 V)
	용 량	약 50 kVAp
전력변환 장치(PCS)	연계운전방식	전압형 전류제어방식
	정격출력	50 kWp
	직류입력전압	DC 220~430 V
	전력제어방식	MPPT 제어
	정격출력	AC 3상 220/380V, 60 Hz
	전력변환효율	94% 이상(정격 출력)
보호기능	과전압, 단락, 정전, 결상, 주파수	

2.3 Multi-String PCS 출력 특성

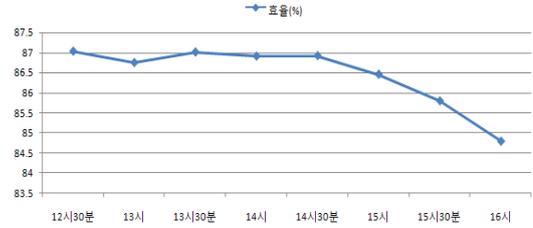
중소기업 지원과제로 수행 착수하여 설계·제작한 시제작품인 50 kVA PCS의 공장시험을 마치고 Field에서의 실 계통 연계운전을 수행하고 아래와 같은 결과를 얻었다.

발전출력은 그림 5와 같이 양호하였으며, 출력단의 전력품질 측정결과도 대체로 양호한 연계특성을 보여주고 있다. 정격출력 운전의 측정 및 분석이 없어 완성도는 낮았지만 향후 지속적인 운전을 통하여 분석할 예정이다.

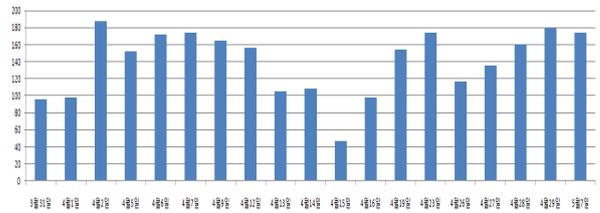
2.3.1 발전출력 특성



〈그림 5〉 발전량 측정결과

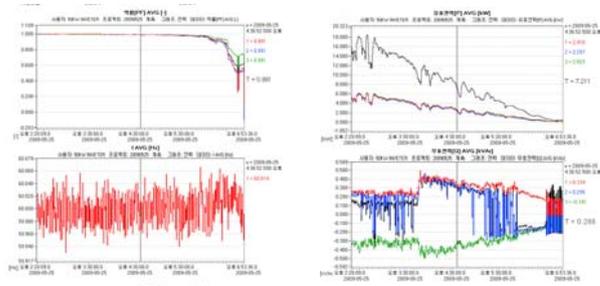


〈그림 6〉 발전효율 측정결과



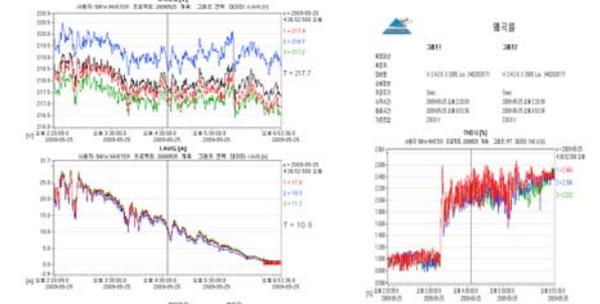
〈그림 7〉 일일발전 측정결과

2.3.2 전력품질 특성



(a)역율-주파수특성

(b)유효-무효전력 특성



(c)전압-전류 특성

(d)THD 특성

〈그림 8〉 전력품질 측정결과

3. 결 론

50 kVA급 multi String 태양광발전용 전력변환장치(Power Conditioning System; PCS)의 Field에서 실 계통연계 운전의 측정결과를 소개하였다. 기존의 PCS 개념이 아닌 새로운 방식의 개념으로 발전특성, 전력품질 특성을 측정하고 Field 운전의 신뢰성을 확인 하였으며, 전압-전류, 주파수-역율 특성, 왜율 특성 및 일몰 일출에 따른 자동기동-정지의 안정성을 확인하였다. 연구목표인 50% 출력 이상에서의 효율과 전류 고조파 왜율 등에서 보완하여야 할 요소가 있었으나, 일부 요소는 PCS의 설계·제작 조건과 실증시험장의 직류 입력 조건의 차이에서 나타난 현상으로 보이며, 도출된 문제점을 보완하면 상용화 제품으로 출시 될 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1]France Lasnier and Tony Gan Ang, "Photovoltaic Engineering Handbook", Adam Hilger, 1990.
- [2]Mattew Burrech, "Photovoltaic Energy Systems", McGraw-Hill Book Company, 1993.
- [3]고효율 멀티스트링 3상 50 kW PCS 개발 중간보고서, 한국전력공사, 2008. 8.
- [4]주택용 태양광 발전시스템 실증운전평가 및 실용보급방안 연구 최종 보고서, 산업자원부, 2003. 6.