

새기술새정보

PV용 고압연계 대용량 PCS기술

민병덕*, 이종필*, 김태진*, 유동욱**

(한국전기연구원 *선임연구원, **책임연구원)

1. 서론

지구환경문제는 지금까지 화석에너지에 크게 의존해 온 인류가 당면한 최대의 문제로 태양광발전을 포함한 신재생에너지는 이런 문제를 해결할 수 있는 유력한 방안으로 전 세계적으로 연구 및 실용화가 착실히 진행되고 있다.

태양전지는 1950년에 미국 Bell연구소 소속의 3명의 연구자에 의해 발명 된지 50년이 넘었다. 태양광발전은 지금 지구환경문제, 에너지문제를 해결하는 수단으로써 큰 기대를 받고 있으며 지금까지가 초기시장의 형성기로 보면, 지금부터는 본격적인 기술개발, 이용확대에 의한 보급의 시대에 들어가려고 하고 있는 시점이다. 태양에너지는 어느 나라에 종속됨이 없이 모든 국가에서 자유로이 사용할 수 있다는 고유의 특성이 있다. 이에 따라 국내에서도 관련 태양광 이용에 대한 촉진을 위한 규정과 제도가 보완되고 있음은 물론, 태양광, 풍력, 수력, 지열, 조력, 연료전지 등과 같은 다양한 에너지원과 관련된 연구 기술개발 및 보급이 확장되고 있다.

최근, 도쿄협약의 발효와 국제 유가의 급등으로 인해 국가 산업으로 무한한 태양에너지를 이용한 대규모 발전을 추진할 필요성이 더욱 부각되고 있다. 이에 따라 국내에서 낙후되어 있는 핵심 기술들에 대한 개발 요구가 커지고 있으며 앞으로 신재생 에너지시장이 충분히 성장하게 되면 대규모 발전용 대용량 PCS 요소 기술을 포함한 국내 제품이 선진 외국과 경쟁력을 갖출 수 있게 개발이 진행될 필요성이 증대되고 있다. 따라서 본 과제에서는 점점 대형화로 가고 있는 추세에 발맞추어 대용량 계통연계형 PCS 기술 개발을 목표로 하고 있다.

2. 태양광 발전 시스템의 Topology

그림 1은 태양전지 발전을 위한 PCS의 대표적인 topology

를 보여주고 있다. Topology는 크게 다음의 두 가지로 나눌 수 있다.

- ◆ 절연형(Isolated) PCS
- ◆ 비절연형(Non-isolated) PCS

이는 태양전지판과 PCS의 출력 사이에 트랜스포머등으로 전기적으로 절연되어 있는 가로 구분된다. 그림 1의 (a)는 현재 사용되고 있는 대표적인 topology이다. 이는 기본적으로 인버터와 저주파 트랜스포머로 구성되어져 있다. 태양전지의 특성상 온도와 광량에 따라 태양전지의 전압이 최대 값에서 반값정도까지 변동하게 된다.

예를 들면 단상 220V용 계통연계형 PCS의 경우에 태양전지의 출력전압은 150-400V 정도 값에서 설계를 하게 된다. 넓은 범위의 입력전압에 대해 출력 220V 교류를 제공하게 위해서는 인버터에서는 최저전압으로 발생 가능한 전압으로 출력전압을 설정하게 되고 이를 최종 출력전압 220V 교류전압을 맞추기 위해서 계통주파수의 저주파 트랜스포머를 사용하여 승압을 하게 된다.

이 topology의 장점은 단순하다는 것이고 단점으로는 저주파 트랜스포머를 이용하므로 인해 크기가 크고 무게가 무겁다는 것이며 인버터의 출력전압을 입력 직류전압의 최저전압을 기준으로 교류전압을 발생시킴으로 인해 전압이 낮아 같은 출력(power)에 대해 전류가 증가하게 된다. 따라서 인버터에 사용되는 소자에 대한 전류용량이 증대 된다. 또한 저주파 트랜스포머의 1차측에 흐르는 전류도 더불어 증가하는 문제가 발생된다. 이는 소자의 비용이 증대되고 효율에서 불리한 측면이 있다.

그림 1의 (b)에 소개된 topology는 고주파 트랜스포머를 이용하여 (a)의 단점을 극복하고 있다. 고주파 트랜스포머를 적

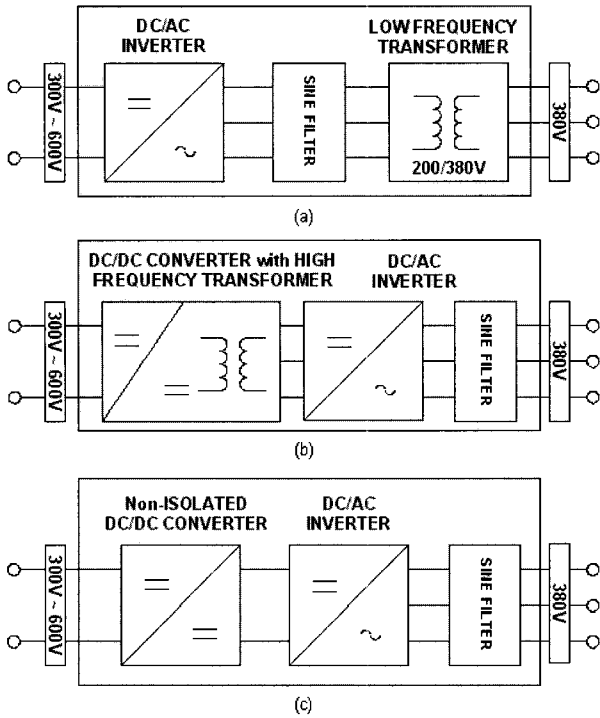


그림 1 태양전지 발전용 PCS의 대표적인 Topology

용함으로 인해 저주파 트랜스포머보다 비용, 크기 및 무게에서 유리하다. 또한 인버터 입력 전압을 일정하게 원하는 높은 값을 유지 할 수 있게 되어 출력 교류전압을 직접 발생시킬 수 있으므로 인해 전력소자의 전류용량을 낮출 수 있다. 단점으로는 시스템효율이 앞단의 컨버터효율과 뒷단의 인버터 효율의 곱으로 표시되기 때문에 (a)와 비교해서 공통인 인버터 효율을 제외하면 컨버터 효율이 저주파 트랜스포머의 효율과 최소한 같아야 시스템 전체의 효율에서 동등하거나 우월할 수 있는데 일반적으로 컨버터의 효율이 낮으므로 인해 (a)와 비교해서 시스템 효율이 낮을 수가 있다.

그림 1의 (c)는 비절연형 컨버터를 사용한 PCS를 보여주고 있다. 비절연형 컨버터가 절연형 컨버터보다 회로가 단순하므로 단가면에서 유리하여 최근에는 이런 형태의 비절연형 PCS가 각광받고 있다. 단점은 (b)의 방식과 동일하다. 위에서 설명된 topology의 공통점은 시스템에서 요구하는 컨버터의 용량이 전체 시스템의 용량과 동일하다는 것이다. 컨버터를 사용할 경우 장점이 많음에도 불구하고 대용량의 시스템에는 적용되지 못하고 소용량의 시스템에서만 적용되고 있는 결정적 이유라고 할 수 있다.

그림 2에서 보는 바와 같이 태양전지에서 입력은 태양광 조사량, 동작온도, 그리고 태양전지 출력단 전압이 된다. 태양전지의 출력은 태양광의 빛에너지량인 조사량과 태양전지 셀

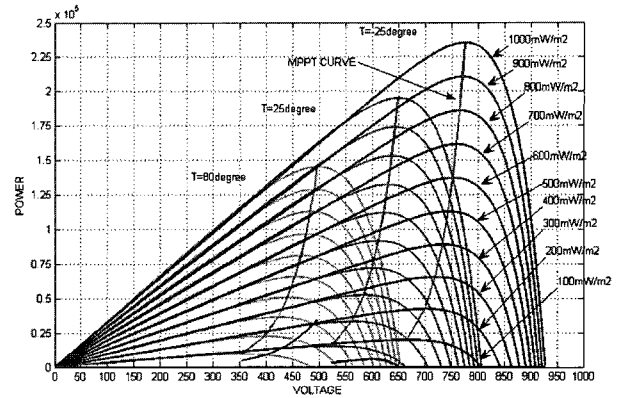


그림 2 태양전지의 특성곡선

의 동작온도에 따라 출력 특성이 달라진다. 태양전지 모델링 수식을 온도와 광량에 따라 출력특성을 그려보면 그림 2와 같다. 태양전지의 특성은 같은 온도에서 조사량이 많을수록 태양전지의 출력은 많이 나오게 되면 태양전지의 단자 전압은 올라가게 된다.

태양전지를 계통에 연결하기 위해서는 계통전압이상을 발생시킬 수 있어야 계통으로 전력을 공급할 수 있다. 따라서 계통전압이상을 발생시키기 위한 인버터의 최소 입력 직류전압이 존재하게 된다. 태양전지의 특성에서 보면 직류전압이 동작 환경에 따라 계속 변하기 때문에 앞서 설명한 여러 topology를 동원하여 이를 보상해 주게 된다. 즉 저전압 트랜스포머를 이용하여 승압을 시켜준다거나 컨버터를 이용하여 인버터 입력직류전압을 항상 일정 전압으로 제어해 해준다거나 하는 동작이 필요하게 된다.

그림 1에 설명한 대표적 topology는 태양전지의 출력특성을 최대한 이용하지 못하고 있어 컨버터의 용량이 시스템의 용량과 동일해야하고 이로 인해 시스템 효율도 줄어드는 결정적 단점을 가지고 있다. 본 과제에서는 이러한 단점을 극복하기 위한 새로운 PCS topology를 제안하여 시작품을 제작 실험 하였다. 새로이 제안하는 topology는 태양전지의 발전 특성을 이용하여 컨버터의 용량을 대폭 줄일 수 있고 시스템의 효율 또한 증대시킬 수 있으며 대용량화에 유리하다는 장점을 가지고 있다.

3. 대용량 태양광 발전용 PCS 실험 결과

표 1은 시작품의 개발 사양으로 200kW 용량의 시스템에서 60kW급 컨버터만 사용하여 정격출력을 낼 수 있는 구조이다. 전체적인 구조에 대한 자세한 내용은 논문으로 제출될 예정이다. 시스템의 기본적인 형태는 컨버터-인버터 구조를 가지고 태양전지 입력전압을 항상 650V 이상의 직류전압을

표 1 개발된 PCS의 주요 사양

구분	내용
태양전지 MPPT전압	450 V ~ 880 V
인버터 출력 용량	200 kW
인버터 출력 선간전압	380 V _{AC}
인버터 직류링크 전압	650 V ~ 880 V
컨버터 출력전압	0 V ~ 200 V
컨버터 단위 모듈 정격출력	20 kW
컨버터 정격용량(3모듈)	60 kW
컨버터 모듈 최대 출력전류	120 A
컨버터 최대전류(3모듈)	360 A

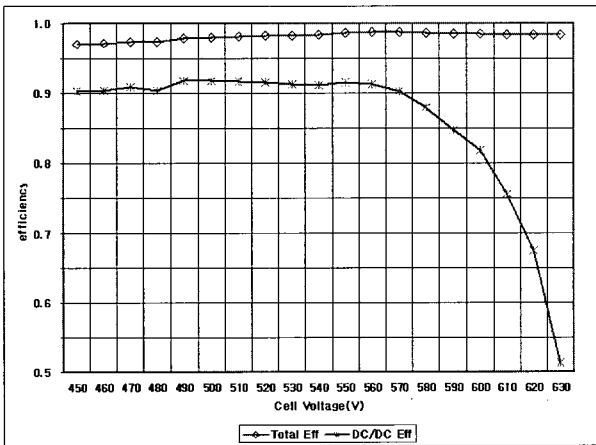


그림 3 컨버터 효율곡선

유지하기 위하여 컨버터를 이용하게 된다. 본 과제에서 제안된 구조에서 컨버터 전체 효율곡선은 아래 그림 3과 같으며 일반적인 컨버터 효율은 부하가 낮을 때 효율이 급격히 떨어지게 되나 제안된 구조는 다른 모든 컨버터의 효율 곡선과 달리 전 영역에서 일정한 고효율을 달성할 수 있는 특징을 가지고 있다.

그림 4는 태양광 발전장치의 전체 시스템 효율을 보여주고 있다. 제일 높은 효율곡선이 컨버터 효율 곡선이며 중간 곡선이 인버터와 트랜스포머를 포함한 효율 곡선이다. 이 그림은 25% 부하영역 아래에서 시스템 효율을 보여주고 있으며 일반적으로 이 영역에서는 효율이 급격하게 떨어지는 영역이다. 일반적 컨버터-인버터 구조에서는 두 효율곡선 모두가 경

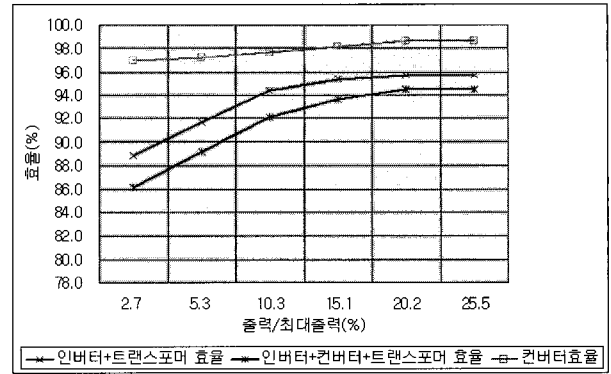


그림 4 시스템 효율 곡선

부하에서 급격히 떨어지는 곡선을 가지므로 두 효율곡선의 곱은 더욱 급하게 효율이 하락하는 곡선을 가지게 된다.

그러나 본 과제에서 제안된 구조에서는 컨버터 구조가 경부하에서 일정한 고효율을 유지할 수 있으므로 전체 시스템의 효율곡선이 경부하영역에서 다른 구조보다 훨씬 높은 효율을 가질 수 있다. 따라서 태양전지와 같이 항상 출력이 변동하는 전원을 가진 경우 경 부하에서 높은 효율을 가지는 특성을 얻는 것이 중요하므로 제안한 PCS 구조가 유용하게 사용될 수 있다.

4. 결 론

본 과제에서는 200kW급 계통연계형 태양광 발전용 PCS를 개발하였다. 또한 새로운 형태의 태양광 발전용 PCS의 Topology를 제안하였다. 태양전지의 특성을 최대한 이용한 topology로써 정격 PCS 용량의 20% 용량의 컨버터로써 대용량 PCS를 구성할 수 있는 구조를 가졌다.

이러한 특징을 가진 제안된 Topology를 구현하기 위하여 20kW급 대용량 DC/DC 컨버터를 개발하였으며 200kW급 인버터도 개발하였다. 향후 용량을 증대 250kW급 PCS를 개발하고 이를 병렬로 연결하여 MW급 발전 장치를 구성하는 연구를 계속 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] Li Yun Wei, "Development of Power Conditioners and Controllers for Microgrids", School of Electrical & Electric Engineering, Nanyang Technological University, 2005.

- [2] Yi Huang, Fang. Z. Peng, D.W. Yoo, "Survey of Power Conditioning Systems for PV Power Generation", MSU-KERI, 2005.

〈 저 자 소 개 〉



민병덕(閔丙德)

경북대 전자공학과 졸업(학사). 포항공대 전자전기공학과 대학원 졸업(석사, 박사). 1997년~2000년 현대전자 근무. 2000년~2004년 현대중공업 근무. 현재 한국전기연구원 선임연구원.



이종필(李鐘弼)

고려대 제어계측공학과 졸업(학사, 석사). 1999년~2005년 현대중공업 근무. 현재 한국전기연구원 선임연구원.



김태진(金泰鎭)

부산대 전기공학과 졸업(학사, 석사). 일본 오사카 대학 초전도 연구센터 연구생. 부산대학교 전기공학과 대학원 박사과정 수료. 현재 한국전기연구원 선임연구원.



유동욱(兪東旭)

1959년 11월 3일생. 1983년 성균관대 공대 전기공학과 졸업. 1985년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 성균관대 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 한국전기연구원 전력전자연구그룹 책임연구원. 당 학회 학술이사.