

## 단상 계통연계형 PV PCS 출력 성능

이기욱\*, 유병규\*\*, 유권중\*\*, 최주엽\*

광운대학교 전기공학과\*, 한국에너지기술연구원 태양광연구단\*\*

### Performance for Single-phase Grid-connected PV PCS under the Distorted Voltage Condition in Distribution System

K.O Lee\*, B.G. Yu\*\*, G.J. Yu\*\*, J.Y. Choi\*

Kwangwoon Univ.\*, Korea Institute Energy Research\*\*

**Abstract** - 본 논문은 신·재생 에너지원 중 태양광을 이용한 소용량의 가정용 및 건물용 태양광 발전 시스템인 단상 계통연계형 인버터의 출력전류 고조파 발생에 대한 연구로서 상용제품에 대한 실험 결과를 제시하고, 이를 모의한 실험을 통하여 단상 계통연계형 인버터의 출력전류 고조파 억제에 관한 연구 근거로 제시한다.

#### 1. 서 론

최근 정부의 적극적인 녹색성장을 위한 정책의 일환으로 관심이 고조되고 있는 가운데 신·재생에너지원을 이용한 시스템에 대한 연구와 산업계의 개발이 활성화 되고, 그 시장규모가 빠른 속도로 성장하고 있다. 그 중 태양광, 연료전지, 풍력 등의 전기가 아닌 형태의 에너지를 전기 에너지로 변환하여 계통으로 연계하는 계통연계형 인버터는 분산전원시스템의 아주 중요한 장치이다.

이러한 계통연계형 인버터의 성능 중 출력전류의 고조파 성분에는 PWM 스위칭에 의한 성분과 계통 전압의 왜곡에 따른 성분 등으로 구성되어 있다. 현재, 국내 태양광 인버터에 대한 인증시험 규격과 국제규격인 IEEE Std. 1547에 따르면 출력전류 고조파 성분은 총합이 5%이내, 각차 3% 이내로 제한되고 있지만, 이를 측정하는 시험조건은 아래와 같은 조건이므로 이는 PWM 스위칭에 의한 전류 THD 성분만을 측정하는 조건임을 알 수 있다.<sup>[1], [2]</sup>

- 국내 및 국제 규격의 출력전류 THD 측정 조건.
  - 정격출력 운전 상태
  - 모의계통전압 인가(계통전압 THD : < 0.1%)

그런데, 여러 전기기기에 의하여 발생하는 고조파 전류는 계통전원으로부터 부하단까지의 임피던스에 의해 전압강하가 발생되므로 비록 계통전원 전압파형이 순정현파라 할지라도 부하단의 전압 파형은 왜형파가 된다. 이러한 계통전압의 일그러짐은 각종 계전기 오동작, 정밀 전자기기의 동작 불량, 기기 손상 및 과열의 원이 될 수 있고, 특히 분산전원용 계통연계형 인버터의 출력전류 고조파성분을 크게 증가시키는 원인이 된다. 물론 계통측에서 이러한 전원의 일그러짐을 방지하기 위해서 여러 대책을 세우고 대비하지만, 점점 증가하는 분산전원의 연계점마다 그 대책을 적용하는 것은 불가능하므로 분산전원용 계통연계형 인버터의 고조파 출력전류 억제를 위한 연구 필요성이 대두 되었고, 기 연구된 내용을 보면, 대표적인 연구로는 유용성 및 구현의 용이성으로 인하여 전류제어기의 비례-적분제어기에 대한 형태가 가장 일반적이고, 온라인으로 제어 가능한 전류제어기 조정 알고리즘에 대한 연구가 있다.<sup>[3]</sup>

태양광 발전소 같은 대용량의 발전 시설에서는 고압 송배전선에 직접 연결하게 됨으로 전압의 일그러짐은 가정용 및 건물용인 저압 배전선에 비하여 상대적으로 적을 수 있다. 일반 가정집 및 오피스 건물의 부하구성은 컴퓨터, 비디오, 냉장고, 마이크로웨이브 오븐, TV, 오디오 등의 많은 비선형 부하를 가지고 있으므로 상대적으로 큰 고조파 왜곡이 발생할 수 있다. 보고된 내용에 따르면 약 3.6%의 고조파 왜곡이 나타남을 알 수 있다.<sup>[4], [5]</sup>

따라서 본 논문에서는 소용량의 가정용 단상 계통연계형 PV PCS의 상용제품을 대상으로 계통 전원이 순정현파인 조건과 약 3%의 고조파 왜곡 조건에서 출력전류 품질을 측정 및 비교를 하여, 향후 연구의 기초 자료로써 활용하고자 한다.

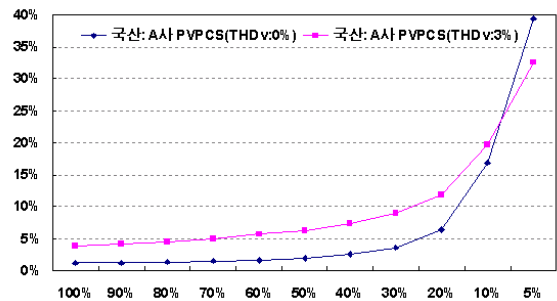
#### 2. 본 론

##### 2.1 상용제품의 측정결과

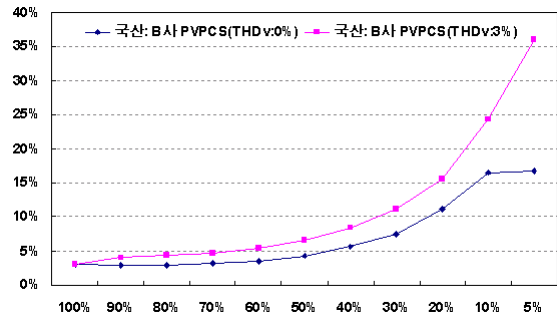
국내에 시판되고 있는 가정용 태양광 발전용 인버터에 대한 측정을 하였다. 국산 제품은 A제품과 B제품을 측정하였고, 외산 제품은 C제품과 D제품을 측정하였다. 각각 정격출력용량은 차례로 3.0kW, 3.0kW, 2.5

kW, 4.0kW이다. 측정결과는 그림 1~ 그림 4에 도시된 것과 같이 모든 제품이 이상적인 조건에서 출력용량의 절반이상에서는 양호한 결과인 5% 이내로 국내 및 국제규격을 모두 만족하지만, 계통전압의 왜곡을 약 3.0%로 한 조건에서는 정격의 30%출력에서는 모두 출력전류의 고조파 비율이 급격히 늘어남을 알 수 있다.

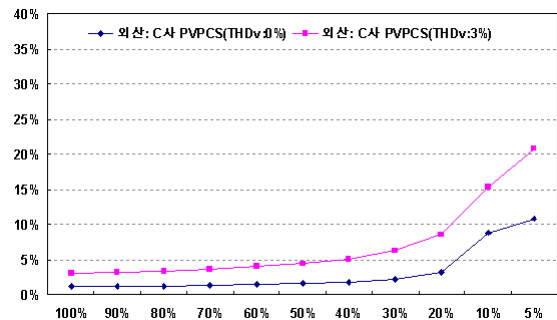
인가한 모의 계통의 순정현파의 전압 THD는 0.04%이내이고, 왜곡시킨 정현파의 전압 THD는 약 3.06%이다. 정격의 50% 출력일 경우 출력 전압과 전류의 파형은 각각 그림 5와 그림 6과 같다.



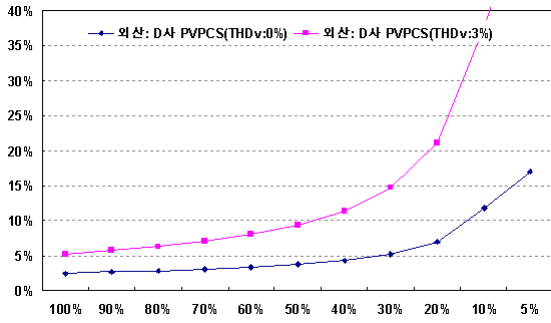
[그림 1] 국산 A사의 출력전류 고조파 측정결과



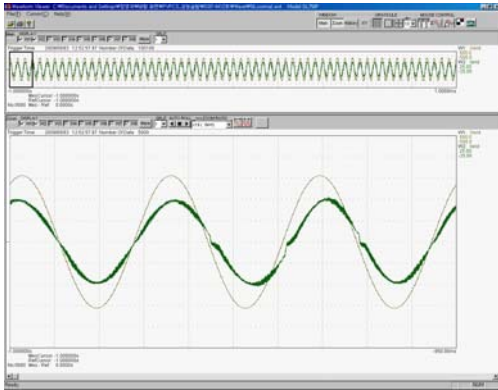
[그림 2] 국산 B사의 출력전류 고조파 측정결과



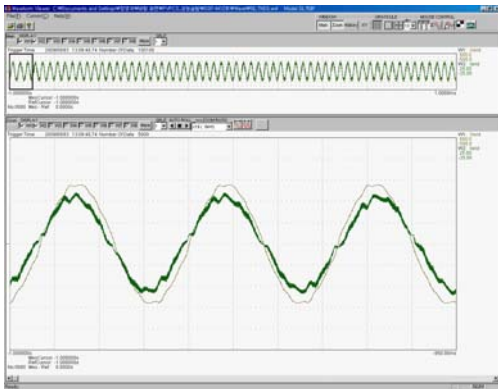
[그림 3] 외산 C사의 출력전류 고조파 측정결과



[그림 4] 외산 D사의 출력전류 고조파 측정결과

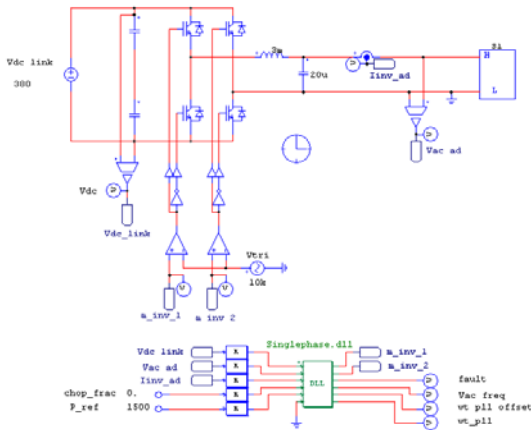


[그림 5] 전압 THD 0.04%일 경우 출력전류파형



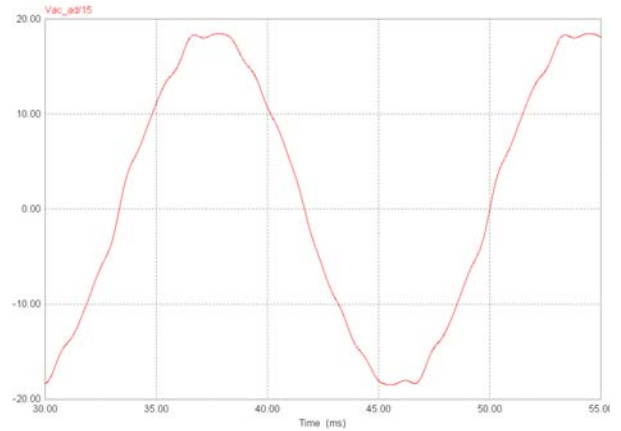
[그림 6] 전압 THD 3.06%일 경우 출력전류파형

## 2.2 모의 시험

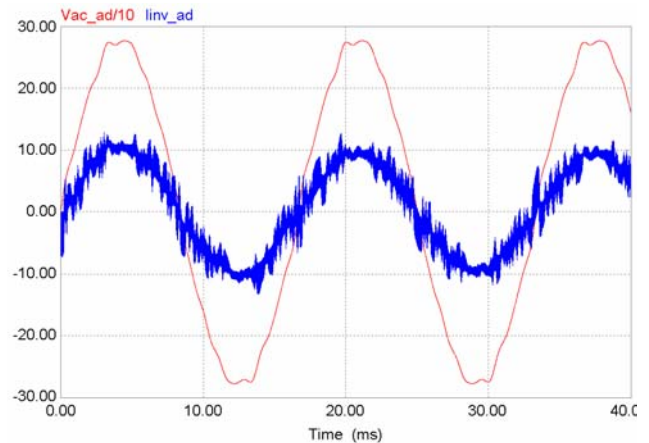


[그림 7] PSIM 시뮬레이션 회로

분산전원용 인버터의 전류제어기를 포함한 PSIM 시뮬레이션 회로는 그림 7과 같이 태양광어레이를 DC 전압원으로 모의한 전원, FB 인버터, L-C 저역통과필터, 제어기가 포함된 DLL 및 왜곡된 전압을 인가해주기 위한 모의된 전원으로 구성하였다. 인가한 전원의 파형은 그림 8과 같고, 정격출력의 50% 출력에서의 전류파형은 그림 9와 같다.



[그림 8] 모의된 실제통전압(THD 3.06%)



[그림 9] 모의된 실제통전압(THD 3.06%) 시 50%부하 출력전류 파형

## 3. 결 론

현재 국내에서 시판되고 있는 계통연계형 단상 태양광발전용 인버터의 출력전류 품질에 대하여 각각 계통전원의 인가상황을 첫째, 이상적인 계통상황, 둘째, 가정의 비선형 부하가 야기한 계통전압의 일그러진 상황, 이 두 경우에서 계통연계형 인버터의 출력전류 품질을 측정하였다. 그 결과, 정격출력시, 국내 규격 및 국제 규격의 시험조건에서는 만족할 만한 전류 품질인 5%이하의 수준으로 측정되었고, 절반 이하의 출력에서는 그 품질이 악화되는 것으로 조사되었다. 계통 전원이 일그러진 조건에서는 절반 이하의 출력에서 상대적으로 커지는 고조파 성분을 확인할 수 있었다. 향후, 계통전압 왜곡시에도 일사강도조건에 따른 변환효율 개선 및 단독운전검출을 위한 제어기법영향 등을 고려하여, 출력전류 고조파 억제에 대한 연구가 진행될 것이다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부 고시 제 2007-160호(신재생에너지 설비 인증에 관한 규정)
- [2] IEEE, Std. 1547
- [3] 안중보 외 2인, “배전계통 전압왜곡 하에서의 연계인버터 전류제어기의 최적조정”, 전력전자학회, 전력전자학술대회논문집, pp.532~534, 2005.7
- [4] 이복희 외 1인, “각종 시설물 전원계통의 전압과 전류고조파 실태”, 한국조명·전기설비학회논문지, 제19권 제 4호, pp.62~70, 2005.6
- [5] 김경철 외 2인, “현장 측정에 의한 가정집 부하의 고조파 특성에 관한 연구”, 조명·전기설비학회논문지, 제22권 제4호, pp.100~106, 2008.4