

# 신재생에너지용 태양광 PCS 국내 기술기준 및 성능시험

## Domestic Technical Standards and Performance Test of Photovoltaic PCS for Renewable Energy

윤 용 호\*  
(Yong-Ho Yoon)

**Abstract** - This paper describes domestic technical standard of Photovoltaic(PV) PCS(Power Conditioning Systems)-Characteristics of the utility interface. This standard tests utility compatibility and personnel safety and equipment protection of PV inverter performance functions. Especially utility compatibility part includes test items of 1)voltage, current and frequency, 2)normal voltage operating range, 3)DC injection, 4)normal frequency operating range, 5)harmonics and 6)waveform distortion, 7)power factor of PV inverter. Therefore in this paper each test item of domestic technical standard is studied and analyzed and finally full tested by PV inverter performance function.

**Key Words** : Photovoltaic, Technical standards, Performance test, PCS(Power Conditioning System),

### 1. 서 론

공인시험기관(Testing Lab)이 설비 구축 및 평가기술 확보를 위해서는 최소 2~3년 구축기간과 새로운 시험설비 투자를 필요로 한다. 우선적으로 국제표준화 활동(TC : Technical Committee)을 통하여 시험기준의 제·개정 작업에 참여하여 국제 시험인증 동향을 이해하여야 하며, 시험 신청자들에게 단순한 시험결과를 제공하기 보다는 제조업체의 제품설계에 시험평가기술을 반영시킬 수 있어야 한다.

현재 시험기관은 시험기준에 부적합한 제품에 대한 적절한 해결책을 제공할 수 있을 정도로 그리고 공인시험 인증은 제품개발 및 판매, 제품 개발기간 단축 및 비용절감 등에 중요한 역할을 하고 있는 추세이다. 특히 태양광발전시스템(PV) 산업에 대한 국제 전기기기 인증제도(IECEE -CB Scheme)에 의한 국제공인시험 및 인증을 국내에서 지원하기 위하여 현재 총 26개 인증관련 규격 중 단 3개 규격만 자격을 취득한 상태이다. 주요 선진국의 경우 IEC 인증관련 규격의 대부분을 인증할 수 있는 자격을 갖추고 있어 자국 제품의 국제 경쟁력 우위를 지원하고 있는바 우리나라도 시급히 전체 규격에 대한 인증 자격을 취득해야 하는 시급성이 있다.

또한 태양광모듈 및 태양광인버터의 안전성확보에 대한 기술기준이 IEC로 부터 채택하게 됨과 동시에 독일, 일본, 미국 선진 각국에서는 태양광모듈의 안전성 확보용 기술기준을 적용하고 있으며, 강제(Mandatory) 규격으로 적용하고 있는 상태이다. 안전 성분야는 전무한 상태로 국내수출기업은 일본 및 독일 등 외국의

적합성평가기관으로 국제인증을 신청하고 있는 실정으로 시험비용과 시험기간이 증가되고 있는 실정이다.

본 논문에서는 태양광인버터 시험규격에 해당되는 “소형태양광 발전형인버터 시험기준”, “중대형태양광발전형인버터 시험기준”에서 시험항목에 대한 정확한 시험방법을 규정함과 동시에 인증의 역할에 대해 살펴본다.

### 2. 인증의 목적 및 역할

인증(Certification)은 기술수준과 경쟁사 및 일류기업의 기술수준 차이를 파악하고 신제품을 시장에 적시에 출시하기 위해 필요한 업무로 인증의 목적과 인증의 원칙은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 1) 제품에 대하여 설계 입력요건에 부합하는 성능을 가지고 있는지 규정된 절차와 방법에 따라 이를 검증하고 부족한 성능에 대해서는 수정 및 보완을 한다.
- 2) 최적의 품질(Right Quality)을 갖춘 최적의 상품 (Right Product)을 고객에게 제공할 수 있는 프로세스의 정립을 한다.

#### 2.1 일반원칙

- 1) 인증업무통한 모든 기술 자료는 회사의 기밀로 외부로 유출을 금지한다.
- 2) 과제(Project)에 주어진 납기 및 요구품질을 확실히 맞출 수 있어야 하며 문제 발생 시에는 신속한 보고를 통해 문제를 해결할 수 있어야 한다.
- 3) 표준(규격)에 의한 산출물 및 프로세스를 관리하며 정당한 사

\* Corresponding Author : School of Electrical Engineering, Gwangju University, Korea.

E-mail: yhyoon@gwangju.ac.kr

Received : December 7, 2017; Accepted : February 23, 2018

유 없이 표준(규격)을 위배해서는 안 된다.

- 4) 인증업무 프로세스를 철저히 준수하고 기술 자료를 체계적으로 관리한다.
- 5) 절차 및 기간을 단축할 수 있도록 지속적으로 프로세스를 개선해야 한다.

### 2.2 수행원칙

- 1) 회사의 정해진 규칙(Rule)을 준수한다.
- 2) 수행하는 과제(Project)에 대해 계획대로 추진이 될 수 있도록 관리하고 계획 대비 지연 또는 문제가 예상되는 부분은 즉시 보고하여 신속히 문제를 해결할 수 있도록 한다.
- 3) 과제별 비용은 해당 과제의 비용으로 처리될 수 있도록 정확히 회계처리 함으로써 향후 정확한 원가 산정이 가능토록 한다.
- 4) 제품 기술 및 고객 동향 등과 관련된 정보는 해당 부서로부터 적기에 피드백 하여 활용토록 한다.
- 5) 기술 자료의 관리 상태를 수시로 점검하여 보안 사고에 대비하고 문제발생 시 즉시 해결한다.

### 2.3 시험평가의 역할

개발된 신제품을 시장에 적시에 출시하기 위해서는 관련된 규격을 기준으로 설계 및 안전성, 환경성을 고려했는지를 검증은 받아야 하며 따라서 시험평가의 역할 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 1) 객관성 : 제품의 품질 및 성능에 대한 객관적인 보증으로 제품이나 기술을 정해진 기준에 따라 시험 후 인증하는 시스템을 통하여 소비자들에게 해당 제품과 기술을 상호 보증할 수 있다.
- 2) 신뢰성 : 신뢰성 부여를 통한 제품 부가가치 확대로서 제품에 대한 고객 신뢰도 향상은 제품의 가치를 극대화하여 향후 시장 진출 및 확대에 유리하게 작용할 것으로 기대한다.
- 3) 기술력 : 표준화(규격화)된 시험평가를 통한 기술력 향상과 객관적 평가 프로세스를 거쳐 안전성과 효율성이 높은 우수한 제품과 기술을 지향할 수 있다. 또한 시장 공급자 간의 선의의 경쟁을 통한 기술 발전을 유도할 수 있다.
- 4) 체계화 : 단계별 평가를 통한 연구 Process는 목표 및 방향성을 점검 할 수 있어 제품 단계 별로 시험평가가 적용될 경우 개별 프로세스 모니터링이 가능하고 체계적인 모니터링은 완성도 높은 제품 생산을 촉진시킬 수 있다.

### 3. 태양광인버터 기술기준 이해 및 시험방법[1~5]

본 절에서는 국내 태양광인버터 기술기준의 관련 시험항목 중 1) 복전후 일정시간투입 방지가능시험, 2) 교류전압, 주파수 추종범위시험, 3) 교류출력전류 변형율시험, 4) 입력전력급변시험, 5) 계통전압급변시험, 6) 계통전압위상급변시험, 항목에 대한 기술기

준 검토 및 시험을 통한 정확한 시험방법을 규정하는데 목적을 두었다.

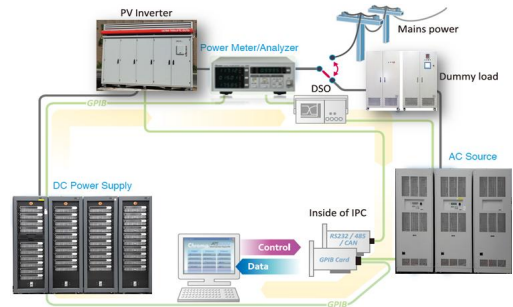


그림 1 계통연계형 태양광인버터 시험회로  
Fig. 1 Photovoltaic grid-connected inverter test circuit

#### 3.1 복전후 일정시간 투입방지 기능시험

1) 시험개요  
계통이 정전에서 복전한 후 일정시간 동안 태양광인버터의 동작 방지기능시험으로 정격출력 운전 후 계통전원의 정전발생 및 복전을 통한 태양광인버터의 운전 상태를 확인하는 시험이다.

2) 판정기준  
정전에서 정지 후 계통전압이 복전해도 태양광인버터가 5분 이상 재운전 하지 않아야 한다.

3) 실험결과



그림 2 복전후 일정시간 투입방지 기능시험  
Fig. 2 Test on assigned time anti-pumping function after power recovery

#### 3.2 교류전압, 주파수 추종범위시험

1) 시험개요  
계통전원을 정격 전압 및 정격 주파수로 운전 및 직류전원은 태양광인버터 출력이 정격 출력이 되도록 운전 후 지정된 범위 내에서의 계통전압, 계통주파수의 변화에 대해 태양광인버터의 추종 특성을 살펴보는 시험으로 시험 방법은 다음과 같다.

- 계통 전압의 크기를 공칭전압에서 천천히 변화시켜 공칭전압의 +8%와 -10%의 전압에서 교류 출력 전류의 왜형률, 역률 등을 측정한다.
- 계통전압의 +8%(410.4V), -10%(342V)에서 교류출력전류 왜형률, 역률을 측정한다.
- 정격주파수 60Hz에서 천천히 변화시켜 60.45, 59.35Hz에서 교류출력전력, 전류 왜형률/역률 등을 측정한다.

2) 판정기준

- 기준범위 내의 계통전압변화에 추종하여 안정하게 운전할 것.
- 출력전류의 종합 왜형률은 5% 이내 각 차수별 왜형률이 3% 이내일 것
- 출력역률이 0.95 이상일 것.

3) 실험결과

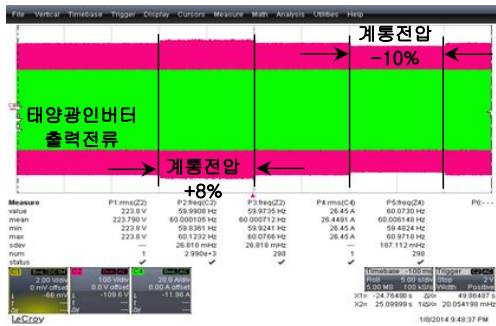


그림 3 교류 전압, 주파수 추종 범위 시험  
 Fig. 3 AC voltage, frequency tracking range test



그림 4 교류 전압, 주파수 추종 범위 시험(계통전압+8%)  
 Fig. 4 AC voltage, frequency tracking range test

그림 3은 태양광인버터 정상 운전 중 계통 simulator를 이용하여 계통전압 380V 기준으로 계통전압 +8%(410.4V) 및 계통전압 -10%(342V)으로 급변하였을 경우 계통전압의 전압 및 태양광인버터 출력전류를 보여주고 있다. 결과적으로 계통전압변화에 추종하여 태양광인버터가 안정하게 운전하는 결과를 보여주고 있다. 그림 4와 5는 그림 3에서 설명한 내용과 같이 계통전압 급변 시 기술기준에서 명시한 각 상(Element2:A상, Element3:B상,

Element4:C상)의 왜형률, 역률 등의 값을 전력분석기(Power analyzer)를 이용하여 각 항목에 대한 시험 결과 값들을 보여주고 있다.



그림 5 교류 전압, 주파수 추종 범위 시험(계통전압-10%)  
 Fig. 5 AC voltage, frequency tracking range test

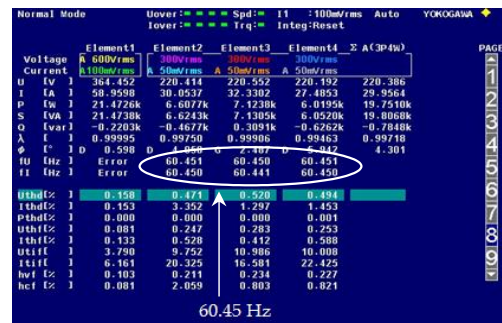


그림 6 교류 전압, 주파수 추종 범위 시험(60.45Hz)  
 Fig. 6 AC voltage, frequency tracking range test



그림 7 교류 전압, 주파수 추종 범위 시험(59.35Hz)  
 Fig. 7 AC voltage, frequency tracking range test

그림 6과 7은 그림 4, 5에서 설명하였듯이 정격주파수 60Hz에서 60.45 및 59.35Hz로 변화 시 태양광인버터의 각 상(Element2 : A상, Element3 : B상, Element4 : C상)의 교류출력전력, 전류 왜형률, 역률 등의 값을 전력분석기를 통한 시험 결과값을 모니터링하고 있다.

모의계통 simulator를 이용하여 주파수변화 시 태양광인버터가 계통주파수 60.45 및 59.35Hz를 잘 추종하여 운전하는 결과를

보여주고 있다.

### 3.3 교류출력전류 변형율시험

#### 1) 시험개요

태양광인버터를 정격출력전압, 정격출력주파수, 정격출력이 되도록 운전 후 출력전류의 변형 특성을 살펴보는 시험으로 3상 및 단상의 기준 임피던스는 다음과 같으며 관련 임피던스 정합기(impedance matching)를 이용하여 시험을 할 수 있다.

- 출력전류에 포함되는 차수별 고조파 전류성분 측정
- 3상 기준 임피던스 :  $0.24\Omega + j0.15\Omega$  (각상)  
 $0.16\Omega + j0.1\Omega$  (중성선)
- 단상 기준 임피던스 :  $0.4\Omega + j0.25\Omega$

#### 2) 판정기준

- 출력 전류의 종합 왜형률은 5% 이내, 각 차수별 왜형률이 3% 이내

#### 3) 실험결과



그림 8 교류출력전류 변형율시험(종합왜형률)

Fig. 8 AC output current strain test

시험개요에서 열거한 3상 기준 임피던스값을 가지는 임피던스 정합기(impedance matching)를 연결 및 태양광인버터를 정격출력전압, 정격출력주파수, 정격출력 운전시 각상 (Element2 : A상, Element3 : B상, Element4:C상)의 출력전류 종합왜형률의 시험 결과값을 그림 8에서 확인할 수 있다. 또한 그림 9는 태양광인버터를 정격출력전압, 정격출력주파수, 정격출력 운전시 A상 (Element2 : A상)의 출력전류 각 차수별 왜형률의 시험 결과값을 전력분석기를 통해 보여주고 있다.

### 3.4 입력전력급변시험

#### 1) 시험개요

- 태양광인버터 정격출력으로 운전 후
- 입력전력 : 정격의 50% → 75% → 50%로 변화
- 태양광인버터 정격출력의 50% 운전
- 입력전력 : 정격의 50% → 25% → 50%로 변화시

태양광인버터가 직류입력 변화에 추종 및 안정적인 운전기능을 가지고 있는지 살펴보는 시험이다.

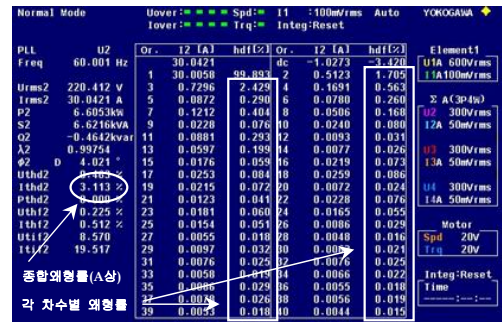


그림 9 교류출력전류 변형율시험(각 차수별 왜형률)

Fig. 9 AC output current strain test

#### 2) 판정기준

- 태양광인버터가 직류입력 전력의 변화에 추종하여 안정적으로 운전

#### 3) 실험결과

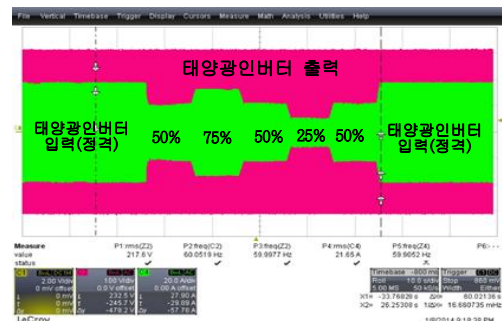


그림 10 입력 전력 급변 시험

Fig. 10 Input power sudden change test

그림 10은 시험개요에서 서술하였듯이 태양광인버터를 정격출력으로 운전 후 모의직류전원장치를 이용하여 태양광인버터의 입력전력 변화 시 태양광인버터의 출력에 대한 상태를 보여주고 있다. 결과적으로 태양광인버터가 직류입력 전력의 변화에 추종하여 안정적으로 운전하는 결과를 나타내고 있다.

### 3.5 계통전압급변시험

#### 1) 시험개요

지정된 범위 내에서 계통전압이 급변했을 경우 태양광인버터의 동작 특성을 확인하는 시험으로 계통전원의 전압 및 주파수를 정격으로 운전 및 태양광인버터가 정격출력이 되도록 유지한다.

- 계통전압의 +8%(410.4V)로 10초유지
- 계통전압의 -10%(342V)로 10초유지

2) 판정기준

- 태양광인버터가 계통전압의 급속한 변동에 추종해서 안정적으로 운전할 것

3) 실험결과

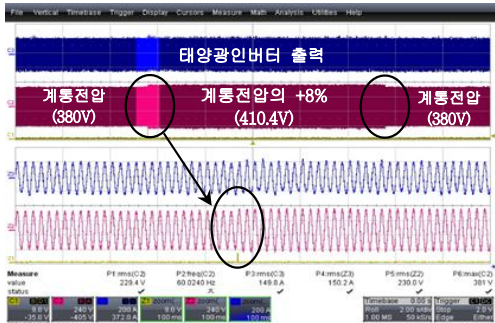


그림 11 계통전압급변시험(계통전압+8%)  
Fig. 11 System voltage sudden change test

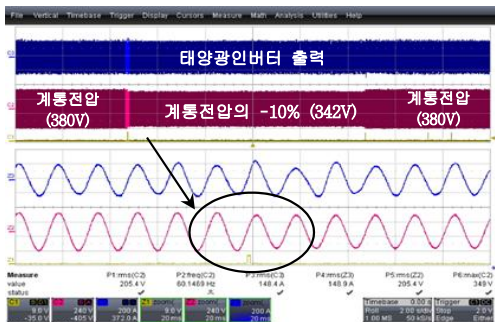


그림 12 계통전압급변시험(계통전압-10%)  
Fig. 12 System voltage sudden change test

그림 11은 모의계통 simulator를 이용하여 계통전압 380V 기준으로 +8%로(410.4V) 계통전압의 변화를 주었을 경우 태양광인버터의 출력 결과를 보여주고 있다. 또한 그림 12는 계통전압을 380V 기준으로 -10%로(342V) 계통전압의 변화를 주었을 경우 태양광인버터의 출력결과로 태양광인버터가 계통전압의 급속한 변동에 추종해서 안정적으로 운전하는 것을 확인 할 수 있다.

3.6 계통전압위상급변시험

1) 시험개요

지정된 범위 내에서 계통전압의 위상이 급변했을 경우 태양광인버터의 동작 특성을 확인하는 시험으로 계통전원의 전압과 주파수를 정격으로 운전 및 태양광인버터가 정격출력이 되도록 유지한다.

- 계통전압 위상을 0도±10도 10초유지
- 계통전압 위상을 0도+120도 10초유지

2) 판정기준

- ±10도 위상 급변시 계통전압 위상에 추종하여 안정하게 운전
- +120도 위상 급변시 계통전압 위상에 추종하여 안정하게 운전 또는 안전하게 정지 및 자동기동

3) 실험결과

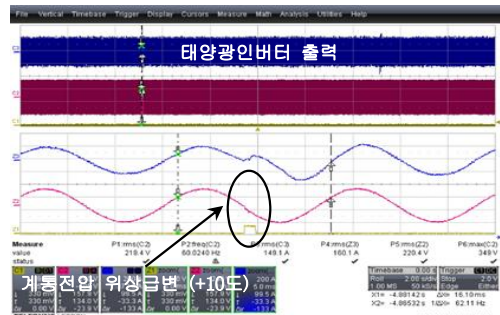


그림 13 계통전압위상급변시험(+10도)  
Fig. 13 System voltage phase sudden change test

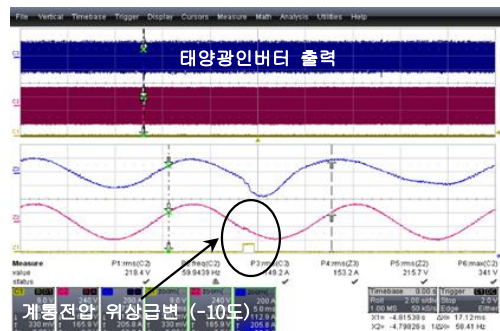


그림 14 계통전압위상급변시험(-10도)  
Fig. 14 System voltage phase sudden change test

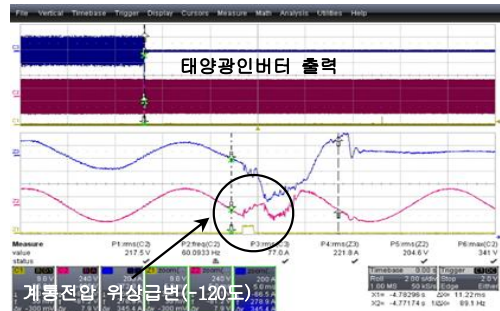


그림 15 계통전압위상급변시험(-120도)  
Fig. 15 System voltage sudden change test

그림 13, 14, 15는 계통전압급변시험과 동일하게 모의계통 simulator를 이용하여 계통전압의 위상을 각각 +10도, -10도, -120도 변화를 주었을 경우 태양광인버터의 출력결과를 보여주고 있다. ±10도 위상 급변시 계통전압 위상에 추종하여 안정하게

운전을 하고 있으며 +120도 위상 급변시에는 태양광인버터가 정지하고 있는 결과를 나타내고 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 국내 태양광인버터 기술기준의 내용 중 1) 복전후 일정시간투입 방지기능시험, 2) 교류전압, 주파수 추종범위 시험, 3) 교류출력전류 변형율시험, 4) 입력전력급변시험, 5) 계통 전압급변시험, 6) 계통전압위상급변시험, 항목에 대한 기술기준 검토 및 시험을 통한 정확한 시험방법을 살펴보았다.

국내 태양광인터의 기술기준 이해 및 정확한 시험방법을 통한 제조업체의 제품설계에 시험평가기술을 반영시킬 수 있을 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

이 연구는 2017년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었음.

#### References

- [1] IEC 61727, Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface, Edition 2.0, 2004.
- [2] IEC 62109-1, Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements
- [3] IEC 6210-2, Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters
- [4] Facilities Evaluation Detailed Standards for New Renewable Energy, Small Photovoltaic Inverter (Grid - connected, Stand-alone), NR PV 501 : 2014
- [5] Facilities Evaluation Detailed Standards for New Renewable Energy, Medium and Large Photovoltaic Inverter (Grid-connected, Stand-alone), NR PV 501 : 2014

## 저 자 소 개



### 윤 용 호 (Yong-Ho Yoon)

2007년 성균관대 메카트로닉스공학과 졸업 (박사). 2007년~2011년 삼성탈레스 종합연구소 메카트로닉스그룹 전력전자팀 전문연구원. 현재 광주대학교 전기전자공학부 교수.