

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2022.22.3.171>  
JIIBC 2022-3-25

# 태양광(PV) 셧다운(Shutdown)기술 ‘NEC Article 690’ 표준화 분석

## Standardization Analysis of ‘NEC Article 690’ for Photovoltaic Shutdown Technology

윤용호\*

Yongho Yoon\*

**요약** 신속한 차단 사양을 위한 통신 신호는 시스템 구성과 관계없이 NEC 2014, NEC 2017 또는 해당 UL 규격에서는 “적용되는 모든 태양광(PV) 시스템의 빠른 차단 요구사항을 지원하도록 설계한다”라고 규정되어 있다. 한편 신재생에너지 관련 국내 규정 등을 보면 각 기관에서 정한 기준이나 규정, 지침 등은 일반적이거나 해당 기관이 필요한 부분만 제정해서 운영 중이다. 이러한 것들을 태양광 시설에 적용하기에는 미흡한 점이 많아 설계, 감리자와 검사기관의 검사 기준, 검사자의 기술 수준에 따라 과도하게 설비를 하는 경우 등이 발생하고 있다. 국제적으로 통용되는 IEC 규격은 각종 시설규격을 자세히 다루고 있다. 유럽 각국에서는 IEC를 근간으로 별도의 시설 규정이 있는데, 특히 기기의 성능, 안전성 등을 상세하게 다루고 있고, 미국 등 북미에서 적용하는 ‘NEC Article 690’인 경우 각 항목이 매우 상세하게 기술하고 있다. 따라서 본 논문에서는 국제적으로 통용 및 현재 적용되고 있는 태양광(PV) 셧다운(Shutdown) 기술에 대한 세부 내용들을 살펴보고자 한다.

**Abstract** The communication signal for quick cut-off specification is defined as “design to support fast cut-off requirements of all applicable photovoltaic(PV) systems” in NEC 2014, NEC 2017 or the corresponding UL standard regardless of the system configuration. On the other hand, if you look at the domestic regulations related to new and renewable energy, the standards, regulations, and guidelines set by each institution are general, or only the parts necessary for the institution are being established and operated. There are many insufficient points to apply these things to photovoltaic facilities, and there are cases where excessive facilities are installed according to the design, inspection standards of supervisors and inspection agencies, and the skill level of inspectors. The internationally accepted IEC standards deal with various facility standards in detail. In each European country, there are separate facility regulations based on IEC. In particular, the performance and safety of devices are dealt with in detail, and in the case of ‘NEC Article 690’ applied in North America such as the United States, each item is described in detail. Therefore, in this paper, we will look at the details of the PV shutdown technology that is currently used and applied internationally.

**Key Words** : PV, Shutdown, NEC Article 690,

\*정회원, 광주대학교 전기전자공학부  
접수일자: 2022년 5월 12일, 수정완료: 2022년 5월 31일  
게재확정일자: 2022년 6월 10일

Received: 12 May, 2022 / Revised: 31 May, 2022 /  
Accepted: 10 June, 2022

\*Corresponding Author: yhyoon@gwangju.ac.kr  
School of Electrical and Electronic Engineering,  
Gwangju University, Gwangju, Korea

## I. 서 론

Rapid Shutdown(RSD) System은 태양광(PV) 관련 미국 등 북미에서 적용하고 있는 NEC 2014 또는 NEC 2017에서 정의한 급속 차단 요구사항을 충족하는 데 사용되는 구성 요소 및 통신 프로토콜을 모아놓은 것이다. 그림 1 Rapid shutdown 시스템의 일례와 같이 급속 차단 통신 시스템은 개시자(Initiator), 송신기(Transmitter) 및 수신기(Receiver) 등의 구성 요소로 이루어져 있다.

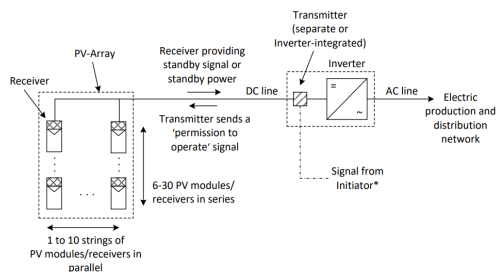


그림 1. Rapid shutdown 시스템의 일례  
Fig. 1. An example of a rapid shutdown system

신속한 차단 사양을 위한 통신 신호는 시스템 구성과 관계없이 NEC 2014, NEC 2017 또는 해당 UL 규격에서는 “적용되는 모든 태양광(PV) 시스템의 빠른 차단 요구사항을 지원하도록 설계한다.”라고 규정되어 있다. 또한 “다른 프로토콜의 혼선, 노이즈 및 라인 임피던스와 같이 일반적으로 응용 프로토콜 성능에 영향을 미치는 문제를 고려해야 한다.”라고 서술되어 있다<sup>[1]</sup>.

한편 신재생에너지 관련 국내 규정 등을 보면 산업통상자원부 장관이 공고한 '전기설비기술 기준의 판단기준'과 한국전기설비규정(KEC), 에너지공단에서 운영하는 '신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정', 한국전력공사에서 운영하는 '분산형 전원 배전계통 연계기술 기준' 및 한국전기안전공사에서 운영하는 '태양광 발전 설비 점검·검사 기술지침' 등이 있다. 하지만 각 기관에서 정한 기준이나 규정, 지침 등은 일반적이거나 해당 기관이 필요한 부분만 제정해서 운영 중이다. 이러한 것들을 태양광 시설에 적용하기에는 미흡한 점이 많아 설계, 감리자와 검사기관의 검사 기준, 검사자의 기술 수준에 따라 과도하게 설비를 하는 경우 등이 발생하고 있다.

국제적으로 통용되는 IEC 규격은 각종 시설규격을 자세히 다루고 있다. 유럽 각국에서는 IEC를 근간으로 별도의 시설 규정이 있는데, 특히 기기의 성능, 안전성 등

을 상세하게 다루고 있고, 미국 등 북미에서 적용하는 'NEC Article 690'인 경우 각 항목이 매우 상세하게 기술하고 있다. 따라서 본 논문에서는 국제적으로 통용 및 현재 적용되고 있는 태양광(PV) 셧다운(Shutdown) 기술에 대한 세부 내용들을 살펴보고자 한다.

## II. NEC 690.12 급속 차단 기본 지침<sup>[2]</sup>

국가전기코드 NEC (National Electrical Code)의 2014년 판은 화재 진압 시 감전 위험을 줄여 소방관을 보조하기 위한 '급속 차단(Rapid Shutdown)'라는 의무 요건을 최초로 도입했다.

새로운 요구사항은 미국 내 건물의 태양광발전 시스템에 적용되며 2014년 NEC 이후 판본(Edition)의 부분 690.12에 수록되어 있으며 “제어되는 도체는 차단이 된 후 신속하게 안전한 전압 레벨에 있어야 한다”는 것이 주된 요구사항이다. 제어 도체는 2014년 판본에서 PV 어레이에서 3m(10피트) 이상 떨어진 모든 도체로 정의하였으며 3상 인버터 설치에 초점이 맞추어져 있다.

급속 차단 요구사항에 대한 내용을 표 1과 같이 변화된 내용을 정리할 수 있다.

표 1. 급속 차단 요구사항  
Table 1. Rapid shutdown requirements

690.12 Rapid Shutdown evolution	요구 사항 없음	10(ft) 이상인 PV 시스템 도체-10초 이내에 30V이하	1(ft) 이상인 PV 시스템 도체-10초 이내에 30V이하	어레이 경계 내 최대 80V
NEC 2011 및 이전	✓			
NEC 2014		✓		
NEC 2017			✓	
NEC 2019				✓

### 1. 2014 NEC 요구사항

2014년 판본의 부분 690.12에서는 건물 내 또는 건물에 설치된 PV 시스템 회로의 급속 차단에는 특정 도체를 제어하는 급속 차단 기능이 포함되어야 한다고 규정을 하고 있으며 관련 내용은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- (1) 제어 도체의 요건은 건물 내부에서 길이가 1.5m

- (5ft) 이상이거나 PV 어레이에서 3m(10ft) 이상인 PV 시스템 도체에만 적용된다.
- (2) 제어 도체는 급속 차단 개시 후 10초 이내에 30V 및 240VA 이하로 제한되어야 한다.
- (3) 전압과 전력은 두 도체 사이 및 도체와 접지 사이에서 측정해야 한다.
- (4) 급속 차단 개시 방법은 690.56(B)에 따라 표시되어야 한다.
- (5) 급속 차단을 수행하는 장비는 나열하고 식별해야 한다.

태양광인버터의 출력측(AC측)을 차단하면 인버터는 운전이 정지되지만, UL1741 규격에서는 단독 운전 방지 요구사항을 태양광인버터에서 요구하고 있다. 결과적으로 태양광인버터와 PV 어레이 사이의 입력측(DC측) 모든 도체에 전원이 차단되는 것은 아니다.

태양광 모듈은 충분한 방사선 조도가 유지될 때마다 전압을 생성한다. 일반적으로 센트럴 및 스트링 인버터는 벽이나 바닥에 설치하고 PV 어레이까지 긴 전선을 설치한다. 따라서 급속차단 요건은 태양광인버터를 지상에서 차단해도 지붕까지 이어지는 DC 전선의 전원이 차단되지 않는 복잡한 구조를 가지고 있다.

다음 단계는 원격 제어 또는 자동 감지 DC 차단을 어레이로부터 3m (10피트) 이내에 배치하는 것이며, 이러한 제품을 판매할 수 있지만 이로 인해 다음과 같은 문제점이 내재하고 있다. 첫째는 추가 비용, 설치시간, 복잡성 및 고장 지점들이 추가된다.

둘째, 일부 태양광인버터의 DC 측이 개방 회로가 될 때 인버터 내부의 커패시터는 최대 5분(UL1741에 의해 허용되는 최대 시간) 동안 전압을 높게 유지한다. 이는 2014 NEC에서 요구하는 허용 시간보다 훨씬 길다. 따라서 상기에서 언급한 어레이의 정의된 경계 내에서 지붕에 인버터를 장착하는 것이 점점 더 일반적이다. 이러한 경우 일단 AC 차단 시 태양광인버터의 운전이 종료되고 모든 높은 DC 전압이 허용되는 어레이 경계 내에 있음을 의미한다.

2014년 NEC 요구사항을 준수하는 다양한 접근법에 대한 개요는 그림 2와 같이 설명할 수 있다.

- (a) : 센트럴 및 벽걸이형 스트링 인버터는 지능형 DC 분리 스위치를 추가한다.
- (b) : 태양광인버터가 차단할 때를 감지하고 어레이 연결을 해제한다.

- (c) : 스트링 인버터가 틀(Cradle) 위의 어레이로부터 10피트 이내에 장착한다.
- (d) : 태양광인버터는 어레이 아래에 설치하여 신속한 차단을 위한 10피트(3m) 및 1피트(30.48cm) 요건을 충족한다.

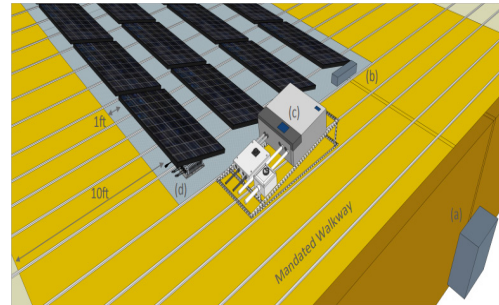


그림 2. 급속 차단 요구사항을 준수하기 위한 다양한 접근 방식  
 Fig. 2. Different approaches to complying with rapid shutdown requirements

## 2. 2017 NEC 요구사항

급속 차단을 다루는 규격은 2017년 판본(Edition) 5에서 크게 확장되었으며 개정된 내용 중 3상 태양광인버터와 관련된 내용을 다음과 같이 정리할 수 있다.

- (1) 어레이 경계는 10피트(3m) 대신 태양광 모듈 가장자리로부터 1피트(30.48cm) 둘레를 갖는다.
- (2) 급속 차단에 사용되는 장비는 인증을 받아야 한다.
- (3) 어레이의 규정을 준수 방법에는 세 가지가 있다.
  - 가) 특정 구성품은 장비요소에 포함된다.
  - 나) 어레이는 노출된 금속이 없어야 하며 접지된 금속으로부터 8피트 이상 떨어져 있어야 한다.
  - 다) 급속 차단이 시작되었을 때 어레이 경계 내에 80V보다 높은 전압을 가진 도체가 없어야 한다.

이것은 차단 초기에 DC 도체가 경계 내부에 최대 1,000V까지 있을 수 있기 때문에 NEC 2014 판본(Edition) 요구사항과 크게 다르다는 점을 확인할 수 있다. 이러한 규정을 만족하는 장비가 필요하므로 결과적으로 인증을 통하여 승인될 수 있는 장비를 개발해야 한다. “1(ft) 이상인 PV 시스템 도체는 10초 이내에 30V 이하가 되어야 한다”는 2017년 NEC 규정은 단계적으로 진행되면서 “어레이의 면적 내에서 전압을 80V로 제한”하는 규정이 2019 NEC 요구사항으로 개정되었다.

### 3. NEC 요구사항에 따른 태양광인버터 설치분석

NEC 690.12 요구사항, “적용되는 모든 태양광(PV) 시스템의 빠른 차단 요구사항을 지원하도록 설계한다.” “제어되는 도체는 차단이 된 후 신속하게 안전한 전압 레벨에 있어야 한다.”라는 규격을 기준으로 ‘크래들(Cradle) 위의 3상 스트링 인버터’와 ‘어레이 아래에 장착된 인버터’ 설치 시 NEC 요구사항에 따른 태양광인버터 설치분석을 표 2와 같이 정리를 하였다<sup>[3]</sup>.

### III. 안전성 중심의 국외 기술개발 현황

안전성을 중심으로 해외의 태양광인버터 기술개발 현황은 미국, 독일, 일본 등의 다수 업체들이 NEC에 부합하는 태양광 인버터를 개발하고 있다. 이러한 개발을 통해 급속한 shutdown 해결과 아크고장 검출(Arc-fault detection) 요구조건에 맞는 인버터 기술 혁신에 주력하고 있다. 주요 선도업체들은 Multiple 인버터 type의 신제품 개발 확산으로 인해 Central, String, Micro type의 제품 구별이 점점 없어지는 대신 전 세계적으로 요구

하고 있는 안전성을 중심에 부합하는 Rapid Shutdown 기능을 제공하고 있다<sup>[4]</sup>.

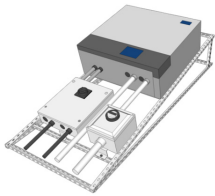

이러한 해외의 태양광인버터 기술개발 현황을 바탕으로 안전성 중심의 기능을 다음과 같이 정리할 수 있다.

- (1) NEC 2014, 2017, 2020 Rapid Shutdown 요건을 준수한다.
- (2) 100개 이상의 UL 시스템 인증 인버터와 호환된다.
- (3) 최대 500W의 모든 모듈과 호환된다.
- (4) AC 그리드 손실 시 수동이나 자동 섀다운(Shutdown)이 가능하다.
- (5) 오류나 운영상 문제가 발생할 경우 이메일이나 SMS로 자동 알람이 발송된다.
- (6) 전체 성능을 가지적으로 확인할 수 있어 PV 시스템 자산을 보호한다.
- (7) 특정 모듈 문제 발견 시 유지보수 비용을 낮춰준다.
- (8) 모듈 고장 추적 시 모듈 제조업체 보증을 활용한다.

따라서 안전성 중심의 태양광인버터의 보급 및 활용으로 태양광발전시스템 운영자와 소방관, 일선 응급 요원

표 2. NEC 요구사항에 따른 태양광인버터 설치분석

Table 2. PV inverter installation analysis according to NEC requirements

순번	요구사항	크래들(Cradle) 위의 3상 스트링 인버터	어레이 아래에 장착된 인버터
1.	-		
2.	급속 차단 (2014 NEC)	어레이에서 10피트 이내에 올바르게 설치된 경우 충족한다.	어레이에서 10피트 이내에 올바르게 설치된 경우 충족한다.
3.	급속 차단 (2017 NEC)	가능하지만 이를 위해 설계가 어렵다.	어레이에서 1피트 이내에 올바르게 설치되면 가능하다.
4.	설계의 용이성	추가로 넓은 통로가 필요하거나 필수 통로에서 공간을 차지한다.	어레이 아래에 위치하지만 마이크로 인버터와 달리 접근이 용이하다.
5.	설치의 용이성	무게가 약 70kg 이상으로 들어올리기가 어려우며 한 명 이상이 필요하다. 크래들을 구매하고 조립하는 데 추가 노력과 비용이 필요하다.	약 10kg의 무게로 쉽게 들어 올릴 수 있고, 커넥터 기반의 전기 연결부 구조로 한 사람이 쉽게 설치할 수 있다.
6.	신뢰성	전해 커패시터를 사용하며 햇볕에 노출되는 구조로 LCD, 팬 등은 유지보수 및 정기적인 교체가 필요하다.	NEMA6, 전해커패시터, 디스플레이, 팬이 없는 구조로 유지보수가 필요 없으며 단일 회로 기판과 자동차 등급의 부품을 사용하기 때문에 견고하다.
7.	추후 교체 용이성	지붕에 교체 장치를 설치하기 어려운 경우 여러 명의 작업자가 필요하다.	커넥터를 클릭 해제하고 새 커넥터를 클릭하므로 용이하다.
8.	기타	스트링 인버터는 병렬로 연결되어 고장 검지 및 아크 감지, 모니터링의 세분화가 열악하다.	아크 감지 신뢰성을 향상시키고 에러를 발생을 줄임

들은 Rapid Shutdown 기능에 힘입어 태양광 부품의 고압 전류에 의한 감전 위험 없이 안전하게 작업을 수행할 수 있다. 북미에서만 의무화했던 Rapid Shutdown이 필리핀, 태국, 싱가포르에도 현재 도입되었으며 그 밖의 여러 국가들도 동일한 규제를 가하는 방안을 검토하거나 평가하고 있는 상황이다<sup>[5]</sup>.

#### IV. 국내 기술규격 현황 및 분석

I, II절에서 언급한 내용과 같이 NEC 2014, NEC 2017 또는 해당 UL 규격에서는 “적용되는 모든 태양광(PV) 시스템의 빠른 차단 요구사항을 지원하도록 설계한다.”라는 규정이 국제규격으로 제정 및 개정되어 신재생에너지 설비에 대한 성능뿐만 아니라 안전성을 증시하고 있다.

반면 우리나라의 경우 현재 안전성 기술기준 체계 미반영으로 국제인증 추세를 따라가지 못하는 실정으로 태양광인버터 및 시스템을 전문적으로 시험할 수 있는 국내시험기관 및 시험설비가 부족한 실정이다<sup>[6-7]</sup>. 특히, 중대형태양광인버터는 RPS 등 수요증가에도 불구하고 안전성을 고려한 성능인증은 미시행되고 있는 상황으로 신재생에너지설비의 사고사례가 빈번한 상황이다.

따라서 국내의 시험인증기관은 안전성 중심의 시험준비와 시험능력 확보가 중요하며 시험인증 분야의 중장기 로드맵을 수립하여 핵심분야별 전문시험평가 기술자들을 육성하는 전략이 필요하다. 또한 기존 성능위주의 국내시험규격은 국제규격에 부합하는 안전성을 중심으로 개정되어 해외시장에서 요구하는 사항들을 충족시킬 수 있는 표준화 작업이 필요하다.

신재생에너지 설비와 관련하여 국내 시장에서는 성능 위주의 요구사항만 이루어지다보니 해외에서 요구하는 설비의 안전성에 대한 국내 기술개발수준은 다음의 내용으로 정리할 수 있다.

- (1) 기능 및 성능 위주의 기술개발 : 전기적 안전성에 대한 고려 미흡
- (2) 안전규격 부재 : 전기감전, 노이즈 피해 우려
- (3) 대용량 제품의 시험환경의 부재 : 개발/출시 후 제품판매 전무
- (4) 제조사의 품질관리(Q/A) 시스템 부재 : 인증제품의 품질저하
- (5) 저가화 위주의 제품개발

- (6) 수입 제품과의 경쟁 심화 : 과도한 가격경쟁
- (7) 국내 시장보호를 위한 기술적 정책 부재 : 수입제품과의 기술적인 경쟁 유발
- (8) 시스템 관점에서의 과도한 저가화 정책
- (9) CE (EN 50178, safety), UL (UL 1741, Safety) 등 국제규격 적용 미비

#### V. 결 론

신재생에너지관련 설비증가와 더불어 전기설비의 아크, 방전, 누설 등의 요소로 많은 사고사례가 발생되고 있다. 이에 따라 “적용되는 모든 태양광(PV) 시스템의 빠른 차단 요구사항을 지원하도록 설계한다.”라는 기기의 성능, 안전성을 다루고 있는 국제규격 ‘NEC Article 690’의 Rapid Shutdown(RSD) System 관련 세부 내용들을 본 논문에서 살펴보았다.

따라서 태양광 Shutdown 기술 ‘NEC Article 690’ 표준화 분석을 통하여 현재 성능위주의 기술기준으로 이루어진 국내규격이 안전성 중심의 국제규격에 부합화 및 더불어 국내 태양광관련 업체들의 안전성을 고려한 기술 개발에 이바지할 것으로 사료된다.

#### References

- [1] Communication Signal for Rapid Shutdown SunSpec Interoperability Specification, Aug. 2019
- [2] HiQ Solar, Inc., NEC 690.12 Rapid Shutdown Primer v1.0, 2017.2
- [3] www.UL.com, Global conformity assessment of photovoltaic equipment
- [4] <http://www.waterjournal.co.kr>
- [5] <https://powerelec.tumblr.com/post>
- [6] K. J. Hong, “Performance and Safety Evaluation of PV Inverter by IEC 62109 Standard,” Trans. KIEE, vol. 68, no. 4, pp. 598-603, 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2019.68.4.598>
- [7] Y. H. Yoon, “Analysis and Study of Safety Technical Standards in Domestic Photovoltaic Field,” The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC), Vol. 18, No. 6, pp. 207-212, 2018.  
DOI: <http://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.6.207>

저 자 소 개

윤 용 호(정회원)



- 성균관대학교 메카트로닉스공학과 (공학박사)
- 삼성탈레스 종합연구소 전문연구원
- 현재 : 광주대학교 전기전자공학부 교수
- 주관심분야 : 전동기 제어 및 신재생 에너지

※ 이 연구는 2022년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었음.