

### 저압배전반의 국제규격 동향에 관한 고찰

정흥수\*  
한국전기연구원\*

### Study for IEC standard of the low-voltage switchgear and controlgear assemblies

Heung-Soo Jung\*  
K.E.R.I.\*

**Abstract** - 저압배전반(Low-voltage switchgear and controlgear assemblies)에 관한 대표적인 국제규격으로는 IEC 60439 시리즈가 있어, 저압배전반의 형식시험(Type test)시 이 규격을 적용하여 시험하고 있으며, 한편으로 오랫동안 IEC 60439 시리즈의 규격 개정작업이 진행되어 첫 번째로 IEC 60439 시리즈 중 Part 1(IEC 60439-1)이 2009년 1월 IEC 61439-1 (Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1 : General rules) 및 IEC 61439-2 (Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 2 : Power switchgear and controlgear assemblies)로 대체 되었다. 본 고찰에서는 새로 제정된 61439-1 및 61439-2의 형식시험 항목 및 방법을 개략적으로 소개하여, 신 규격에 의한 배전반 형식시험에 도움을 주고자 한다.

#### 1. 서 론

2009년 1월 제정된 IEC 61439-1에 규정된 형식시험 항목은 다음과 같다.

- 1) 구조(Construction)
  - ① 재질 및 각 부분의 강도
  - ② 배전반의 보호 등급
  - ③ 공간거리 및 연면거리
  - ④ 전기적 쇼크에 대한 보호와 보호회로의 무결성
  - ⑤ 스위칭 기기 및 구성품의 적합
  - ⑥ 내부 전기적 회로 및 결선
  - ⑦ 외부 도체용 단자
- 2) 성능(Performance)
  - ⑧ 절연특성
  - ⑨ 온도상승
  - ⑩ 단락강도
  - ⑪ 전자기 적합성
  - ⑫ 기계적 동작

IEC 61439-2에 규정된 형식시험 항목은 61439-1의 형식시험 항목과 변동이 없으나, 일부 시험항목에 대하여 추가사항을 규정하였다. 또한 60439 시리즈에 따라 시험을 실시한 배전반은 61439 시리즈의 요구조건을 만족한 것으로 하여, 61439 시리즈에 따라 시험을 반복할 필요가 없도록 하였다.

본 고찰에서는 IEC 61439-1의 형식시험 항목 중 구조(Construction)에 관련된 항목을 중심으로 시험항목 및 방법을 살펴본다.

#### 2. 본 론

IEC 61439-1(2009.01)에 규정된 시험항목 및 시험방법은 다음과 같다.

##### 2.1 재질 및 각 부분의 강도

###### 2.1.1 일반사항

배전반의 구성 재질과 각 부분의 기계적, 전기적 및 열적 능력은 구조와 성능의 검증으로 증명하여야 한다. IEC 62208(2002-11, Empty enclosures for low-voltage switchgear and controlgear assemblies - General requirements)에 따른 빈 외함(empty enclosure)이 사용되는 경우, 외함의 성능을 저하시키는 변형이 없다면 외함 시험은 반복할 필요가 없다.

###### 2.1.2 내부식성

철제 외함과 내측 및 외측 철제 부분에 대한 내부식성이 검증되어야

한다. 시험은 외함 자체로서 동일한 구조를 이루는 외함이나 대표적인 샘플에 대하여 실시하여야 한다. 힌지, 자물쇠, 잠금장치 등도 이전에 등가 시험을 실시하지 않았다면, 시험을 하여야 한다. 시험은 깨끗한 실험실에 대하여 실시하며, 엄격도(Severity) A 또는 B에 따른다.

1) 엄격도 A : 금속제 옥내용 외함, 옥내용 배전반의 외측 금속부분, 기계적 조작성이 가해지는 옥내용 및 옥외용 배전반의 내부 금속부분에 대하여 적용하며, 온도 (40 ± 3) °C, 습도 95 %에서 IEC 60068-2-30(시험 Db)에 따라 24시간씩 6주기를 시험한다. 그리고 IEC 60068-2-11(시험 Ka : Salt mist)에 따라 (35 ± 2) °C의 온도에서 염수분무 시험을 24시간씩 2주기를 시험한다.

2) 엄격도 B : 금속제 옥외용 외함, 옥외용 배전반의 외측 금속부분에 대하여 적용하며, 온도 (40 ± 3) °C, 습도 95 %에서 IEC 60068-2-30(시험 Db)에 따라 24시간씩 5주기를 시험하며, 온도 (35 ± 2) °C에서 IEC 60068-2-11(시험 Ka : Salt mist)에 따라 염수분무 시험을 24시간씩 7주기를 시험한다. 이 두 종류의 시험을 2주기 시험한다.

시험 후, 외함 또는 샘플을 흐르는 물에 5분 씻은 다음 증류수로 행구고 물기를 털어낸 다음 정상 사용상태에서 2시간 놓아둔다. 적합성은 다음과 같이 육안 검사로 확인한다.

- 산화철, 크랙 또는 다른 변형(ISO 4628-3, 부식등급 Ri1)이 없을 것
- 기계적 무결성이 손상되지 않을 것.
- 밀봉부위에 손상이 없을 것.
- 문, 힌지, 자물쇠, 잠금장치가 비정상적으로 손쉽게 열리지 않을 것.

##### 2.1.3 절연물의 특성

1) 외함의 열적 안정성의 검증  
절연물로 제작된 외함의 열적 안정성은 열시험(dry heat test)으로 검증하여야 한다. 시험은 IEC 60068-2-2 Test Bb에 따라 70 °C에서 자연순환으로 168시간 동안 시험하며, 96시간의 회복기를 갖는다.

장식용으로 사용되는 부분은 기술적인 중요성이 없으므로 이 시험의 목적으로 고려하지 않는다. 정상 사용상태로 설치된 외함은 대기압 및 자연순환되는 항온조에서 시험한다. 항온조의 벽에 구멍을 만들어 자연순환한다. 외함 또는 샘플은 육안으로 식별할 수 있는 크랙이 없고, 집게 손가락에 거친 천조각을 감아서 5 N의 힘으로 샘플을 눌렀을 때 점착성 또는 기름기가 없어야 한다. 천조각의 흔적이 샘플에 남지 않고, 외함 또는 샘플의 재질이 천조각에 들러붙지 않아야 한다.

2) 정상적인 열에 대한 절연물의 내열성

정상적인 열에 대한 절연물의 내열성은 IEC 60695-2-10에 따라 검증하며, 외함, 베리어 및 기타 절연부분으로부터 채취한 각 절연물의 대표적인 하나의 샘플에 대하여 실시한다. 통전부분을 지지하기 위하여 필요한 부분은 (125 ± 2) °C, 기타 부분은 (70 ± 2) °C로 한다.

3) 비정상적인 열과 내부 전기적 영향으로 인한 화재에 대한 절연물의 내열성 검증

IEC 60695-2-10(세부사항은 IEC 60695-2-11)에 따른 글로우와이어 시험을 배전반의 일부분이나 일부분에서 채취한 부분에 대하여 시험한다. 이 경우 최소 두께인 부분에 적용한다. 글로우와이어 끝부분의 온도는 다음과 같다.

- 통전부분을 지지하기 위하여 필요한 부분 : 960 °C
- 오탁한 벽으로 기기를 취부하기 위한 외함 : 850 °C
- 보호도체를 지지하기 위한 부분을 포함한 기타 부분 : 650 °C

다음과 같은 경우 글로우와이어 시험을 건넜 것으로 평가한다.  
- 육안으로 보이는 화염이 없고 불꽃이 유지되지 않을 것  
- 글로우 와이어를 떼 후 30초 이내에 화염 및 불꽃이 소멸될 것  
시험용 종이(tissue paper) 또는 송판(scorching of pinwood board)에 탄 흔적이 없어야 한다.

### 2.1.4 내후성(UV 시험)

이 시험은 화학 합성물로 구성되거나 화학 합성물로 완전하게 쌓인 옥외에 설치되어질 배전반의 외함 및 외측 부분에만 적용한다. 각 부분의 대표적인 샘플에 다음 시험을 실시한다.

UV 시험은 ISO 4892-2 방법 A(계는 램프로 5분 주수, 25분 건조로 1000 주기, 전체 시험시간 500시간)에 따른다. 원 제작자(original manufacturer)가 달리 정의하지 않는다면 온도는  $(65 \pm 3)^\circ\text{C}$ 이고 습도는  $(65 \pm 5)\%$ 로 한다.

화학 합성물로 된 외함에 대해서는 휨강도(ISO 178)과 샤르피충격(Charpy impact, ISO 179)에 대한 검증으로 점검한다(화학 합성물이 최소 70% 함유). ISO 178에 따라 시험하는 경우 UV에 노출된 샘플의 표면은 밀로 돌리고 비노출 표면에 압력을 인가한다. ISO 179에 따라 시험하는 경우 혹은 샘플 내부로 자르지 말고 노출된 표면에 충격을 인가한다. 시험 후 글로우와이어 시험을 실시하여야 한다.

완전하게 화학 합성물로 쌓인 금속으로 된 외함의 적합성에 대해서는 화학 합성물의 부착량이 최소 50% 함유(ISO 2409)되어야 한다. 샘플은 정상적인 육안 관찰시 크랙 또는 변형이 없어야 한다.

### 2.1.5 인상(Lifting)

원 제작자에 의해 정해진 최대 인상고리 수로 최대 포장 무게의 1.25배를 들 수 있도록 설치하여야 한다.

바닥에 놓은 상태에서 부드럽게 수직으로  $(1 \pm 0.1)$  m 높이까지 들어 올리고, 같은 방법으로 바닥에 놓는다. 이 시험을 2회 이상 반복한 후  $(1 \pm 0.1)$  m의 높이에서 아무런 움직임이 없이 30분 동안 매달아 놓는다. 이 시험 후 바닥에 놓은 상태에서 부드럽게 수직으로  $(1 \pm 0.1)$  m 높이로 들어 올리고 수직으로  $(10 \pm 0.5)$  m 움직인 후 바닥에 놓는다. 이 시퀀스를 일정한 속도로 3회 실시하며, 각 시퀀스는 1분 이내에 진행한다. 그 자리에서 시험 무게에 대하여 시험 중 휘어짐이 없어야 하고, 시험 후 육안 관찰시 크랙 또는 영구적인 변형이 없어야 하며 자체 특성을 저하시키지 않아야 한다.

### 2.1.6 기계적 충격

특수한 배전반에 대하여 요구되는 경우에 실시하며, IEC 62262에 따른다.

### 2.1.7 표시

금형, 압착, 조판 또는 이와 유사하게 된 표시는 다음 시험에 따른다. 시험은 손으로 물에 적신 천조각으로 15초 동안 표시를 문지르고 난 후 석유제품(petroleum spirit)에 적신 천 조각으로 15초 문지른다. 시험 후 표시는 정상적으로 정확하게 읽을 수 있어야 한다.

### 2.2 배전반의 보호등급

보호등급은 IEC 60529에 따른다. 시험은 배전반의 대표적인 부분에 실시해도 좋다. IEC 62208에 따른 빈 외함이 사용된 경우 외측 변형이 보호등급의 저하를 야기하지 않는다면 이 시험은 더 이상 필요하지 않다. IP 5X의 보호 등급을 갖는 배전반은 IEC 60529의 카테고리 2에 따르며, IP 6X의 보호 등급을 갖는 배전반은 IEC 60529의 카테고리 1에 따른다. IP 4X 시험 동안 외함에 대한 지지물의 형상 뿐 만 아니라 IP X3 과 IP X4에 대한 시험 기구는 시험 성적서에 기술하여야 한다. IP X1부터 X6까지 시험시 외함 내부의 전기적인 설비까지 물이 침투한다면 실패로 간주한다. 물의 진입은 진입 경로가 명확하고 안전을 저해하지 않는 부분까지만 허용될 수 있다.

### 2.3 연면거리 및 공간거리

IEC 60664-1에 따른다.

### 2.4 전기적 쇼크에 대한 보호와 보호회로의 무결성

#### 2.4.1 보호회로의 유효성

배전반 내에서 사고(내부 사고)의 영향에 대한 보호는 2.4.2에, 배전반을 통하여 공급되는 외부 회로에서의 사고(외부 사고) 영향에 대한 보호는 2.4.3에 따른다.

#### 2.4.2 배전반의 노출된 도전부와 보호회로간의 유효접지 연속성

배전반의 여러 노출된 도전부가 인입 외부 보호도체용 단자에 효과적으로 접속되고, 회로의 저항이 0.1 Ω을 초과하지 않는다는 것이 검증되어야 한다. 검증은 최소 10 A(d.c. 또는 a.c.)을 흘릴 수 있는 저항측정계를 사용하여야 하며, 각 노출된 도전부와 외부 보호 도체용 단자 간에 전류를 흘렸을 때, 저항은 0.1 Ω을 초과하지 않아야 한다.

#### 2.4.3 보호회로의 단락강도

##### 1) 일반사항

원 제작자에 의하여 규정된 단락강도가 검증되어야 한다. 설계 규정의

적용, 계산 또는 시험으로 검증해도 좋다. 원 제작자는 3)항과 4)항에서 사용되어질 기준 설계를 정해야 한다.

##### 2) 단락강도의 검증이 면제되는 보호회로

독립된 보호 도체가 설치된 경우, 주모선 단락강도의 검증이 필요하지 않는 조건들 중 한 가지라도 만족된다면 이 시험은 필요하지 않다.

##### 3) 설계 규정의 적용에 의한 검증

본 규격의 표 13의 체크리스트의 1부터6 및 8부터10항에서 벗어나지 않는다면 설계 규정에 의한 검증이 만족되는 것이다.

##### 4) 기준 설계에 따른 검증

주모선 단락강도의 검증에서 기준 설계와 비교에 의한 검증에 따라 계산에 근거한 기준 설계와 비교에 의한 검증이다.

##### 5) 시험에 의한 검증

주모선 단락강도의 시험에 의한 검증을 적용한다.

### 2.5 스위칭 기기 및 구성품의 적합

#### 2.5.1 일반사항

스위칭 기기 및 구성품에 대한 설계 요건 적합성은 검사로 확인하고 이 규격의 요건으로 검증하여야 한다.

#### 2.5.2 전자기 적합성

전자기 적합성에 대한 성능 요건은 검사로 확인하거나 필요한 경우 시험으로 확인하여야 한다.

### 2.6 내부 전기적 회로 및 결선

내부 전기적 회로 및 결선에 대한 본 규격의 8.6항 설계 요건에 대한 적합성은 검사로서 확인하고 이 규격에 따라 검증하여야 한다.

### 2.7 외부 도체용 단자

외부 도체용 단자에 대한 본 규격의 8.8항 설계 요건에 대한 적합성은 검사로서 확인하여야 한다.

### 3. 결 론

본 고찰에서는 논한 IEC 61439-1의 구조(Construction)부분에 대한 형식시험 항목을 기존 IEC 60439-1 (2004.04)과 비교하였을 때 IEC 61439-1에 규정된 형식시험 항목은 개질 및 각 부분의 강도 시험이 강화되어 추가되었다. 일부 개별 부품에만 적용하던 내부식성, 내열성, UV 시험 등이 상당 부분 추가되었다. 또한 인상(Lifting)은 시험방법이 강화되었으며, 기계적 충격, 표시, 보호등급, 연면거리 및 공간거리, 전기적 쇼크에 대한 보호와 보호회로의 무결성, 스위칭 기기 및 구성품의 적합, 내부 전기적 회로 및 결선, 외부 도체용 단자 등은 기존 IEC 60439-1과 크게 달라지지 않았다. 따라서 61439-1에 따른 형식시험을 실시하기 위해서는 배전반 설계 및 제작시 관련 부품의 선정과 배전반의 설계시 각별한 주의가 필요하다. 본 고찰에서는 제외되었지만 61439-1의 성능(Performance) 부분에서도 시험방법이 세분화 되어 여러 가지 성능을 추가로 요구하고 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] IEC TC 17, "IEC 60439-1 (Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1 : Type-tested and partially type-tested assemblies)", 2004
- [2] IEC TC 17, "IEC 61439-1 (Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1 : General rules)", 2009
- [3] IEC TC 17, "IEC 61439-2 (Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 2 : Power switchgear and controlgear assemblies)", 2009