

피뢰시스템 구성부품 중 금속접속재의 성능시험 및 결과분석

(An Analysis of Performance Testing for Metallic Connection Components of Lightning Protection System)

이주철* · 이안기 · 김재철**

(Ju-Cheol Lee · An-Ki Lee · Jae-Chul Kim)

Abstract

Recently, IEC published new standards about the requirements and tests for lightning protection system(LPS) components. If components are used for LPS, they should comply with the IEC standards. This paper, we collected six specimens for the metallic connection components using in domestic, and it tested for withstand lightning current which according to the IEC 62561-1. As a result, only one specimen meet this performance requirement. The specimen is the metallic connection component with four bolts fixed. Therefore, when designing of LPS in domestic, the metallic connection components shall be taken into account for the selection of the withstand lightning current. In addition, we need to develop for LPS components product and the national standards.

Key Words : Lightning Protection System, Metallic Connection Components, Performance Tests

1. 서 론

1.1 배경 및 목적

국내에서는 2003년부터 피뢰시스템에 관한 IEC 61024 시리즈 표준을 국가표준으로 도입하였고, 현재는 KS C IEC 62305시리즈를 사용하고 있지만, 피뢰시

스템용 접속재 등의 구성부품에 관한 표준은 제정되어 있지 않아서, 전기설비의 접속에 사용되는 접속부품들이 사용되고 있는 실정이다. IEC에서도 최근에서야 피뢰시스템 구성부품의 성능요건에 관해 7개의 IEC 62561시리즈 표준을 제정하였다.

유럽에서의 피뢰시스템은 EN 62305시리즈 표준에 의해 설치하되, 그 구성요소에 대해서는 EN 50164표준에 의해 성능이 검증된 제품들을 사용하도록 정하고 있으며, 그 표준들을 토대로 하여 최근에 IEC 62561 시리즈표준이 제정되었고[1-2], 이 표준들은 IEC 62305-3에 인용되었다[3].

미국에서는 피뢰시스템은 NFPA 780에 따라 설치하되, 등록된 구성 부품을 사용하도록 정하고 있으며, 해당 표준은 UL 96A이다. 뿐만 아니라 접지 및 분당 접속재에 관한 UL 467 표준도 제정되어 운용되고 있

* 주저자 : 대한전기협회 KEPIC처 실장
** 교신저자 : 송실대학교 전기공학부 교수
* Main author : Office Chief, Dept. of KEPIC, Korea Electric Association
** Corresponding author : Prof., Dept. of Electrical Eng. Soongsil Univ. | President of KIIEE
Tel : 02-820-0647, Fax : 02-817-0780
E-mail : jckim@ssu.ac.kr
접수일자 : 2014년 4월 14일
1차심사 : 2014년 4월 16일
심사완료 : 2014년 4월 30일

다. 이들 표준에 적합한 금속접속재들은 그림 1과 같이 일반적으로 나사로 고정하지 않고 주로 볼트를 사용한 제품을 사용하고 있다[4-7].



그림 1. 독일의 피뢰시스템 구성부품 및 설치사례
Fig. 1. Connection components and installation of lightning protection in German

피뢰시스템용 구성 부품은 뇌격전류의 전자기 영향과 예상되는 돌발적 응력에 손상되지 않고 견디어야 하며, 구리, 용융아연도금강, 구리 도금강, 스테인리스강 및 알루미늄 등의 재료 또는 기계적, 전기적, 화학적(부식) 특성이 그와 동등한 다른 재료로 제작되어야 한다. 피뢰시스템 구성부품으로 규정된 치수와 재료에서 벗어난 경우, 피뢰설비 설계자 또는 시공자는 기계적 설계요건으로 선정된 피뢰레벨에 규정된 뇌방전 전기적 변수를 이용하여 방전조건에서 피뢰도체의 온도상승을 예측하고 도체의 치수를 결정한다. 구성 부품을 취부하는 표면이 가연성이거나 낮은 용융점을 가져 과도한 온도상승이 우려된다면 좀 더 큰 단면적을 지정하거나 격리형 취부 부품이나 내화층의 삽입 등 다른 안전 예방조치를 고려한다. 피뢰시스템 설계자는 모든 부식이 발생할 문제 범위를 확인하여 적절한 조치를 강구한다. 피뢰시스템에 대한 부식의 영향은 재료의 크기를 늘리거나 또는 내부식성 부품을 사용하거나 다른 부식 방호조치를 취하여 감소시킬 수 있다. 피뢰시스템 설계자와 시공자는 도체에 흐르는 뇌전류에 의한 전자력에 견디고 온도상승으로 인한 도체의 팽창과 수축을 허용하는 도체결속장치나 고정

장치를 지정한다. 이것은 IEC 62561 시리즈 표준에 따라서 시험받은 구성 부품을 사용함으로써 이뤄질 수 있다[8]. 이 표준은 현재 KS C IEC 62561 시리즈로 도입하는 절차가 진행 중이다.

본고에서는 상기와 같은 규정에 따라 국내의 금속접속재(커넥터, 본딩 및 브리지접속재, 신축부품 및 시험용 접속점 등)가 최근에 제정된 피뢰시스템 구성부품에 관한 성능요건을 충족하는지를 시험하고, 그 결과를 분석하여 관련 업체에게는 제품 개발에 대해, 피뢰시스템 설치자에게는 설계 및 유지관리에 관한 정보를 제공하고자 시중에서 유통 중인 금속접속재를 임의로 수집하여 H등급 허용 뇌전류로 시험하였으며, 시험항목별 내용과 시험결과를 분석하고자 한다.

2. 본 론

2.1 적용 표준 및 시료



그림 2. 금속 접속재 시료
Fig. 2. Sample of metallic connection components

피뢰시스템용 금속접속재에 관한 성능요건은 IEC 62561-1의 금속 접속재(커넥터, 본딩 및 브리지접속재, 신축부품 및 시험용 접속점 등)에 관한 요건을 적용하여 기초전력연구원 시험인증센터에서 수행하였으며[9], 그림 2와 같이 시중에서 수집한 6종의 시료를 사용하였다.

2.2 시험항목 및 방법

2.2.1 시험을 위한 일반조건

표준에서는 별도의 규정이 없는 한 시험은 권장되는 도체의 재료, 크기 및 조임 토크를 사용하여 제조자나 공급자의 설치 설명에 따라 정상 사용 상태에서처럼 조립되고 설치된 시료로 수행하며, 접속재가 다양한 도체의 재료에 적합하다면 각 재료의 조합으로 시험한다. 별도의 규정이 없는 한 3개의 시료를 시험하며, 모든 시험에 적합하면 요구사항이 충족되는 것이다. 전기적 시험은 시료배치의 열화처리 이후에 주어지는 순서대로 수행한다[8]. 본 시험에서는 단지 성능확인만을 위한 것이어서 시료별로 1개의 시료만을 가지고 시험을 하였다.

2.2.2 전기적 시험

시료의 열화처리 이후에 청소하지 않은 상태에서 표 1과 같은 시험전류로 시료에 3차례 스트레스를 주고, 스트레스와 스트레스 사이의 시간 간격은 시료의 배치가 대략 주위 온도로 냉각할 수 있을 만큼의 시간이 되어야 한다. 피시험 장치를 통과하는 임펄스 방전전류는 파고값 I_{imp} 와 비에너지 W/R에 따라 정의된다. 임펄스 전류는 극성이 바뀌어서는 안 되며, $50\mu s$ 내에 I_{imp} 에 도달해야 하며, 비에너지 W/R는 5ms 내에 소멸되어야 한다. 접속재는 다음과 같은 경우에 시험에 합격한 것으로 간주한다.

- 1) 가능한 접속재에 가까운 곳에서 10A 이상의 전류 원으로 측정한 접촉 저항이 $1m\Omega$ 이하인 경우. 다만 접속재나 도체가 스테인리스강인 경우에는 $2.5m\Omega$ 까지 허용된다.
- 2) 확대하지 않고 정상 또는 교정시력으로 검사를 했을 때 균열이 나타나지 않고 정상 사용에 지장

을 주는 변형이나 헐거워진 부분이 나타나지 않는 경우

- 3) 나사 클램핑 접속일 때 풀림 토크는 0.25보다 큰 크고 조임 토크의 1.5배보다는 작은 경우. 다만, 나사가 둘 이상 있는 커넥터의 경우에는 첫 번째 나사의 풀림 토크만이 이 시험과 관련이 있다.
- 4) 시험 전에 접속재 밖으로 나온 20mm 길이의 도체가 시험을 완료한 후에는 3mm 이상인 경우

표 1. 뇌임펄스전류(I_{imp})파라미터
Table 1. Lightning impulse current(I_{imp}) parameters

분류	I_{imp} kA $\pm 10\%$	W/R kJ/ $\Omega\pm 35\%$
H	100	2,500
N	50	625

시료의 배치는 규정된 염수 분무 처리로 구성되는 열화처리를 적용한 다음에 습윤 유향 분위기 처리를 적용해야 하며, 구리 함량이 80% 미만인 구리 합금으로 구성되는 시료에 대한 추가적인 암모니아 분위기 처리를 적용해야 한다[2].

2.2.3 시험순서 및 시료의 배치

본 시험에서 정적인 기계적 시험과 표시시험은 적용하지 않았으며, 시험순서도는 그림 3, 시료의 배치는 그림 4와 같다.

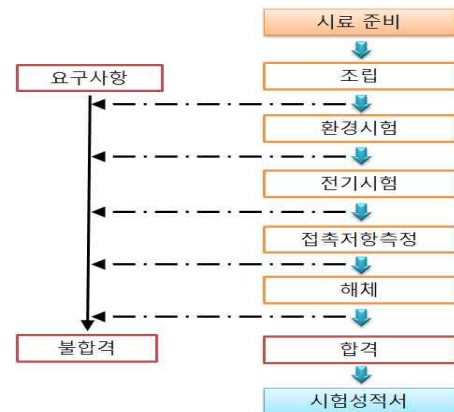


그림 3. 시험 순서도
Fig. 3. Flow chart of test

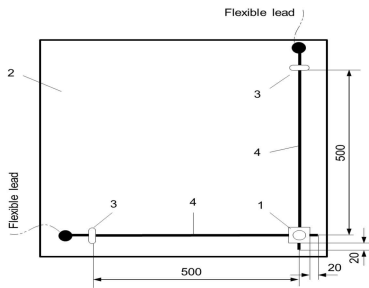


그림 4. 시료의 기본 배치
Fig. 4. Basic arrangement of sample

2.2.4 시험 장비 및 방법

1) 환경시험

환경시험은 그림 5와 같은 복합염수분무시험기 (Weiss사, SC/SWT - 450모델, Serial No. 59226131820010, 장비 규격 Salt spray&Automatic SO₂ device)를 사용하여 염수시험은 IEC 60068-2-52에 따라 3일간 시험하였고, 아황산가스 시험은 ISO 6988에 따라 7일간 시험하였다. 시료 C의 경우는 스테인리스강 재질로서 아황산가스시험만 수행하였다.



그림 5. 환경시험 사진
Fig. 5. Photo of environmental testing

2) 전기시험

전기시험은 임펄스전류발생기(Haefely사, SSGA 100-150모델, Serial No. 12100034.20.1, 장비 규격 10/350 μ s 200kA)를 사용하였으며, 그림 6과 같이 배치하고, 뇌전류 임펄스가 H등급인 100kA를 그림 4의 flexible lead 양단에 인가하였다.

3) 접촉저항 측정 및 확인시험

전기시험 이후에 수행되는 확인시험은 육안검사, 접

촉저항측정, 폴림토크측정 및 길이측정을 실시하였다.



그림 6. 전기시험 사진
Fig. 6. Photo of Electrical testing

3. 성능시험 결과 고찰

3.1 환경시험

환경시험을 수행한 결과는 그림 7과 같이 재료가 스테인리스강인 시료 C는 부식이 진행되지 않았으며, 구리인 시료 B, D 및 F는 부식 정도가 비교적 양호하였으나, 아연도금강인 시료 A와 알루미늄인 시료 E는 부식이 많이 진행된 결과를 보여주고 있다.



a) 시료 B b) 시료 D c) 시료 E

그림 7. 환경시험결과 사진
Fig. 7. Photo of environmental test results

3.2 전기시험

접속재 시료에 임펄스전류를 표 1에서 제시하는 오차 범위 내에서 인가하였다. 그 결과를 표 2에 나타냈으며, 시료 A는 분리되었다. 그림 8은 분리된 시료 A와 임펄스파형을 보여주고 있다. 반면에 시료 D와 F는 분리되지 않았으나, 접속부에 심한 아크 흔적이 관찰되었다.

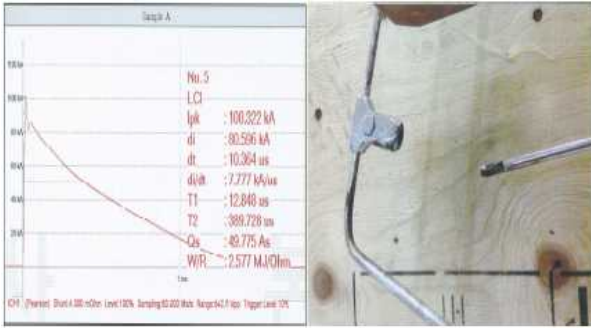


그림 8. 시료 A의 뇌임펄스전류 파형 및 시험결과 사진
Fig. 8. Test Sample A of Impulse current wave and Photo of test results

표 2. 전기시험 결과
Table 2. Result of electrical test

시험 방법	시료	측정 결과			
		i_{peak} [kA]	Q _s [As]	W/R [MJ/Q]	
- 적용파형 : Lightning Impulse Current (10/350 μs), 100 kA - 적용극성 : 정극성 - 적용횟수 : 3회	A	87.15	43.67	1.91	
		100.32	49.78	2.58	
	시료 분리, 시험 종료.				
	B	101.73	59.21	2.97	
		102.55	58.24	2.99	
		101.10	58.30	2.87	
	C	103.45	29.33	1.50	
		106.89	21.85	0.95	
		103.45	28.26	1.45	
	D	105.36	51.19	2.99	
		105.72	61.49	3.21	
		99.93	55.17	2.75	
	E	98.92	55.69	2.71	
		99.23	52.84	2.64	
		99.03	51.12	2.54	
	F	102.86	58.41	3.04	
		102.43	56.80	2.95	
			102.59	59.25	3.11

3.3 접촉저항 측정 및 확인시험

전기시험 이후에 수행되는 접촉저항 측정 및 확인시험 결과는 표 3과 같다. 육안검사 결과 아크 흔적이 심했던 시료 D와 F는 시료가 쉽게 분리되었다. 분리된 시료들은 나사 2개 또는 볼트 하나로 조이는 구조로 되어 있어 뇌임펄스전류가 통과할 때 충분한 조임 토크를 유지하지 못하는 것으로 판단된다.

접촉저항시험에서는 4개의 볼트로 조이는 구조의 시료 B만 요건을 충족하는 것으로 나타나, 이들 접속재가 장기간 옥외에서 사용 중에 뇌임펄스가 인가될

경우 접속재로서의 성능을 충분히 발휘할 수 없을 것으로 판단된다.

폴림토크와 길이 측정결과는 시료 B와 C가 적합하나, 재료가 스테인리스강이고 나사 6개로 조이는 시료 C는 접촉저항이 부적합한 것으로 나타나, 나사로 조이는 경우에는 장기간 사용할 때 접속이 느슨해질 우려가 있는 것으로 나타났다.

종합적으로 재질이 구리이고, 볼트와 너트 4개로 고정하는 시료 B만이 새로 제정된 IEC 62561-1의 요건을 충족하는 것으로 나타나, IEC 표준에 의한 피뢰시스템을 설치하기 위해서는 IEC 표준에 적합한 구성부품의 사용이 요구되며, 피뢰시스템을 구성하는 금속 접속재는 IEC 표준에 적합하도록 제품성능의 개선이 요구된다. 또한 피뢰시스템을 설계할 때는 허용 뇌전류에 적절한 접속재의 선정이 필요하다.

또한 선진 외국에서는 피뢰, 접지 및 본딩부품에 관한 성능요건과 시험방법에 관한 표준이 제정되어 적용되고 있으나, 국내에서는 적용 표준이 없는 실정이다. 피뢰 및 접지시스템의 품질과 성능 확보를 위해 조속한 시일 내에 표준의 제정이 필요하다.

표 3. 접촉저항측정 및 확인시험 결과
Table 3. Result of contact resistance measurement and verification tests

시료	측정 결과			
	접촉저항 (1mΩ)	육안검사 (균열, 변형)	폴림토크측정 (조임토크의 0.25~1.5배)	길이측정 (3mm 이상)
A	FAIL	FAIL (시료분리)	N/A	FAIL
B	PASS	PASS	PASS	PASS
C	FAIL	PASS	PASS	PASS
D	FAIL	FAIL (시료분리)	FAIL	FAIL
E	FAIL	PASS	FAIL	PASS
F	FAIL	FAIL (시료분리)	FAIL	FAIL

4. 결 론

본 논문에서는 국내에서 피뢰시스템의 구성부품으로 사용되고 있는 금속접속재가 새로 제정된 국제표준에서 정하는 성능요건의 충족여부를 확인하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 볼트 1개로 고정하는 구조의 T형 접속재와 나사로 고정하는 구조인 금속접속재는 허용 뇌전류가 H등급인 피뢰시스템 구성부품으로 사용하기 위해서는 제품성능의 개선이 필요하다.
- 2) 접속재는 나사보다 볼트로 고정하는 구조의 접속재가 보다 큰 허용 뇌전류를 통과시킬 수 있는 것으로 나타났다.
- 3) 피뢰시스템을 설계할 때 금속접속재의 환경 및 구조적 특징을 고려하여 허용 뇌전류 등급에 따른 적절한 부품의 선정이 필요하다.
- 4) 피뢰시스템 구성요소는 새로 제정된 IEC 표준의 규정에 따라 제품 성능을 확인할 필요가 있으며, 성능 미달시 개선이 필요하다.
- 5) 피뢰시스템 구성요소 뿐만 아니라 선진 외국에서 운용중인 접지시스템의 접속 및 본딩접속재에 대해서 국내에서도 적합한 성능요건을 설정하는 것이 필요하다.
- 6) 피뢰시스템 구성요소 접지 및 본딩 부품에 관한 IEC 표준 등 국제적으로 널리 통용되는 국제표준을 국가표준으로 도입하여 필요한 안전성능을 확보하는 것이 필요하다.

본 연구는 국토해양부 R&D정책인프라 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- [1] BS/EN 62305-3, Protection against lightning-Part 3 : Physical damage to structures and life hazard, 2012.
- [2] BS/EN 62561 Lightning protection system components (LPSC) - Part 1: Requirements for connection components, 2012.
- [3] IEC 62305-3, Protection against lightning-Part 3 : Physical damage to structures and life hazard, 2010.
- [4] NAPA, NFPA 780 Standard for the Installation of Lightning

- Protection Systems, 2011.
- [5] UL 96A Installation Requirements for Lightning Protection Systems, 1994.
- [6] UL 467-Standard for Safety- Grounding and Bonding Equipment, 2013.
- [7] DEHN (U.K.) LTD, Lightning Protection Earthing-New products, 2011.
- [8] IEC 62561, Lightning protection system components (LPSC) - Part 1: Requirements for connection components, 2012.
- [9] KESRI, Test Report No. TR-14-011, 2014.

◇ 저자소개 ◇



이주철(李柱喆)

1960년 6월 4일생. 1994년 서울과학기술대 졸업. 2010년 서울시립대 전자전기공학과 졸업(석사). 1988~2001년 한국전기안전공사 근무. 2001년~현재 대한전기협회 KEPIC처 실장.



이안기(李安基)

1966년 11월 30일생. 1993년 서울과학기술대 졸업. 2009년 서울시립대 전자전기공학과 졸업(석사). 1995년~현재 (주)한진중공업 부장. 현재 고양삼송지구 배전공사 현장 소장.



김재철(金載哲)

1955년 7월 22일생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988년~현재 숭실대 전기공학부 교수. 본 학회 회장.