

95회 2교시

2. 전기설비와 통신설비에서 발생하는 낙뢰피해의 형태와 대책을 설명하시오.

96회 2교시

3. 뇌전자 임펄스(LEMP) 보호대책시스템(LPMS)과 설계에 대하여 설명하시오.

98회 4교시

5. KS C IEC62305(PartIII 외부피뢰시스템)에 의거하여 대형굴뚝을 낙뢰로부터 보호하기 위한 대책에 대하여 설명하시오.

99회 3교시

6. 대형 굴뚝을 낙뢰로부터 보호하기 위한 피뢰설비 시설에 대하여 고려할 사항을 설명하시오.

100회 2교시

2. 뇌방전 형태를 분류하고 뇌격전류 파라미터의 정의와 뇌전류의 구성요소를 설명하시오.

103회 3교시

4. KS C IEC 62305 제4부 구조물내부의 전기전자시스템에서 말하는 LEMP에 대한 기본보호대책(LPMS: LEMP Protection Measures System)의 주요내용을 서술하고, 그 중 본딩망(Bonding Network)에 대하여 상세히 설명하시오.

106회 2교시

2. 뇌 이상전압이 전기설비에 미치는 영향에 대하여 설명하시오.

106회 3교시

3. KSC IEC 62305에 규정된 피뢰시스템(LPS, Lightning Protection System)에서 아래 사항에 대하여 설명하시오.

- 1) 적용범위 2) 외부 뇌보호 시스템 3) 내부 뇌보호 시스템

107회 3교시

6. KSC IEC 62305-1 피뢰시스템에서 규정하는 뇌격에 의한 구조물과 관련된 손상의 결과로 나타날 수 있는 손실의 유형을 설명하고 이를 줄이기 위한 보호(방호)대책에 대하여 설명하시오.

108회 2교시

1. 전기·전자설비를 뇌서지로부터 피해를 입지 않도록 하기 위한 뇌서지 보호 시스템의 기본 구성에 대하여 설명하시오.

최근 기출문제 중 출제비중이 높은 IEC 62305 문제들을 모아 보았습니다. (1교시 문제는 제외)

62305는 이기홍 교수님의 해설이 가장 이해하기 쉽고, 답안 작성 시 도움이 될 만한 실무적인 내용들도 많아서, 뒤에 첨부하였습니다.

※ 대형굴뚝 대신에 풍력발전기로 출제될 수도 있다는 생각에 기출문제를 찾아보았는데 전기응용에서 출제된 적이 있네요.

97회 4교시(전기응용)

4. 풍력발전시스템의 낙뢰피해와 피뢰대책에 대하여 설명하시오.

이에 대한 해설은 김세동 교수님 저 '건축전기설비기술사해설' 491페이지에 있습니다.



IEC 62305-1(낙뢰보호-일반원칙) 해설(1)

이기 흥 <토지주택연구원 건설환경연구실>

이번 호부터는 낙뢰보호(또는 낙뢰대책)에 관한 국제표준 IEC 62305를 소개해 드립니다.

IEC 62305는 1, 2, 3, 4부로 구성되며 낙뢰의 특성, 리스크관리, 낙뢰 대책 제반 기술과 표준을 담고 있습니다. 이번 호에는 IEC 62305의 개요와 IEC 62305-1(일반원칙) 내용에서 용어정의를 중심으로 기술을 해설해드리고자 합니다.

1. IEC 62305의 제정 및 개정

낙뢰보호에 관한 국제표준인 IEC 62305는 IEC TC81 전문위원회에서 제정 또는 개정하는 작업을 담당하고 있습니다. IEC는 International Electro-technical commission)의 약어로서 국제 전기표준위원회로 번역합니다. 1906년에 스위스에서 창설되었으며, 모든 전기공학적 표준화 문제와 기타 관련 문제에 대해 국제 협력을 증진하고 세계시장의 요구에 효율적으로 대처하기 위하여 설립되었습니다. 현재 65개국의 국가회원과 5,700여 종의 국제표준을 제정 및 개정하고 있습니다. 표준의 제정 및 개정은 약 100여 개가 되는 각 분야의 전문위원회(TC: Technical Committee)에서 담당하고 있는데, 낙뢰 보호에 대한 국제표준은 TC 81 전문위원회에서 담당

하고 있습니다.

TC 81에는 필요에 따라 국제표준 문서를 작성하는 작업반(WG: Working Group)을 구성하고, WG에서 작성된 문서를 TC81 총회에서 의결에 부쳐 국제문서로 제정합니다.

2. IEC 62305의 구성

IEC 62305는 다음과 같이 4개의 부로 구성됩니다.

- IEC 62305-1(일반원칙)
- IEC 62305-2(리스크 관리)
- IEC 62305-3(구조물의 물리적 손상 및 인명 위험)
- IEC 62305-4(구조물 내부의 전기전자시스템)

IEC 62305의 각 부에는 다음과 같은 내용이 표준으로 제정되어 있습니다.

- IEC 62305-1: 낙뢰보호에 관련되는 공통 용어의 정의를 비롯하여 각종 일반적인 원칙을 기술
- IEC 62305-2: 낙뢰의 위험성과 대책의 경제성 등 낙뢰리스크관리에 대한 제반 내용을 서술
- IEC 62305-3: 구조물이나 인명의 피해를 최소화하기 위한 피뢰시스템(LPS: Lightning Protection System)에 관한 각종 기술을 규정
- IEC 62305-4: 구조물 내에 설치된 각종 전기 전자시스템을 낙뢰서지로부터 보호하기 위한

SPM(Surge Protection Measures)에 대하여 규정

IEC 62305의 4개의 부는 아래의 그림 1과 같은 관계로 구성되어 있음을 알 수 있습니다.

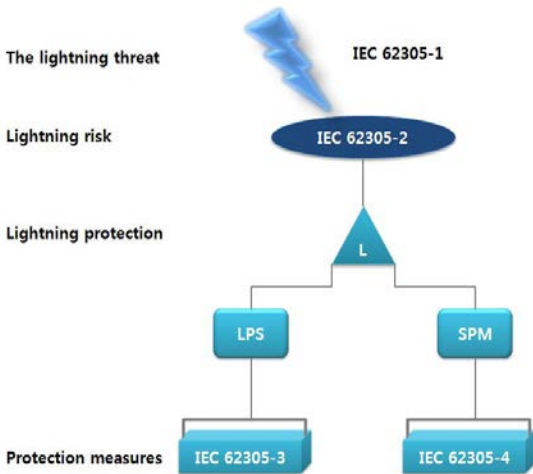


그림 1. IEC 62305의 구성 및 내용 관계

IEC 62305에서 낙뢰로부터 보호하기 위한 대상과 방법(또는 기술)들을 구조화하여 나타내면 그림 2와 같습니다.

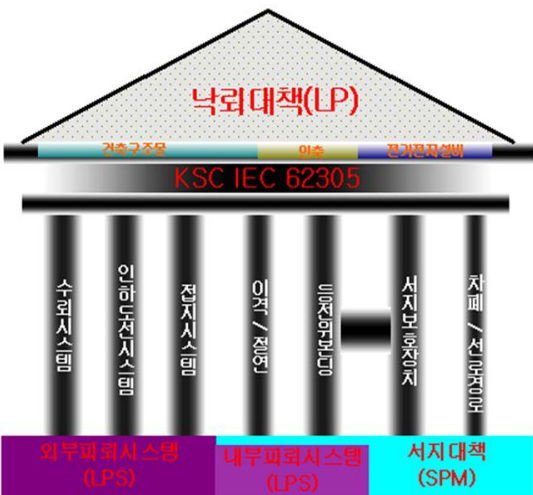


그림 2. 낙뢰대책의 방법과 목적

3. IEC 62305-1에서의 용어정의

이 절에서는 IEC 62305-1에서 규정하고 있는 용어정의에 대하여 설명하도록 하겠습니다.

3.1 낙뢰(lightning flash to earth)

낙뢰는 1회 이상의 뇌격으로 구성된 구름과 대지 사이에서 발생하는 전기적 방전으로 정의하고 있습니다.

일반적으로 지표에서 수 km에 걸쳐서 뇌운이 형성되면 그림 3과 같이 주로 3가지 형태로 방전이 일어납니다. 즉 뇌운과 뇌운 사이에서 발생하는 운간방전, 뇌운 속에서 발생하는 운내방전, 뇌운과 대지 사이에 발생하는 낙뢰의 형태로 방전이 이루어지게 됩니다.

따라서 낙뢰는 뇌운에 의해 발생하는 방전의 한 형태라는 것을 알 수 있습니다.

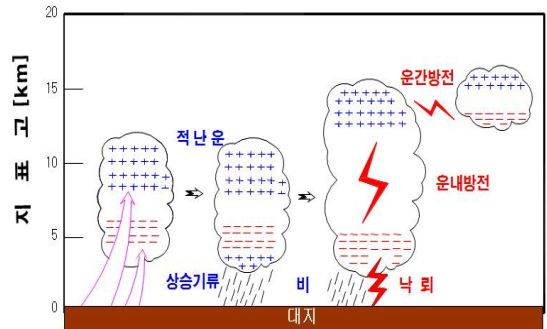


그림 3. 뇌 방전의 종류

이러한 뇌 방전은 최초의 방전 통로인 리더(leader)의 진행방향에 따라 하향 뇌방전(downward flash)과 상향 뇌방전(upward flash)으로 구분합니다. 하향 뇌방전은 구름에서 대지로 향하는 하향 리더에 의해 발달된 뇌방전을 말하며, 상향 뇌방전은 접지된 구조물로부터 구름으로 향하는 상향리더에 의해 발달된 뇌방전을 말합니다. 일반적으로 하향 뇌방전은 평지나 낮은 구조물에서 주로 발생하는 반면

에, 상향 뇌방전은 노출되거나 높은 구조물에서 발생 되는 것으로 알려졌습니다.

그림 4는 상향 뇌방전과 하향 뇌방전을 일으키는 상향 리더와 하향리더의 사례를 보여주고 있습니다.

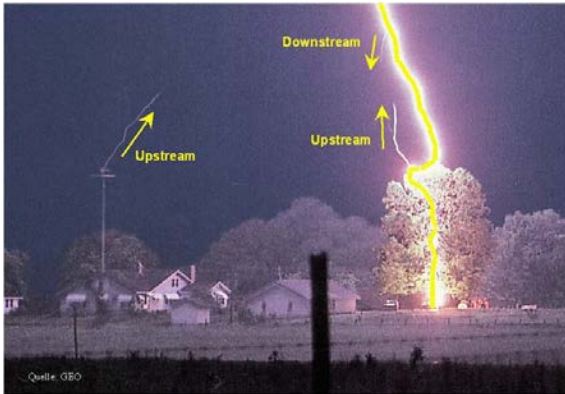


그림 4. 상향리더와 하향리더

3.2 뇌격(lightning stroke)

뇌격은 대지 또는 보호대상 구조물에 대한 단 한 번의 전기적 방전을 말합니다. 특히 낙뢰 대책에서는 섬락(lightning flash)과 뇌격(lightning stroke)의 개념을 정확히 구분하여야 합니다. 섬락은 일반적으로 낙뢰가 발생하였을 때 번쩍하고 맨눈으로 보이는 방전상태를 말하는데, 이러한 섬락을 초고속카메라로 관찰하면 그림 5와 같이 하나 또는 여러 개의 뇌격으로 구성되어 있음을 알 수 있습니다.

그림 5는 낙뢰(섬락)의 진행과정 및 뇌격을 보여주고 있으며, 이와 같이 여러 개의 뇌격으로 구성된 섬락을 다중뢰 또는 다중 뇌격(multiple strokes)이라고 합니다. 다중 뇌격에서 뇌격 사이의 시간 간격은 약 50ms이며, 평균 3~4개의 뇌격으로 구성됩니다.

뇌격은 뇌격 전류가 흐르는 시간에 따라 단시간 뇌격(short stroke)과 장시간 뇌격(long stroke)으로 구분됩니다. 단시간 뇌격은 그림 6과 같이 임펄스 형

태이며, 그림 6에서 뇌격전류 피크값(I)의 1/2에 도달하는 시간을 파미시간(T_2), T_1 을 파두시간이라고 합니다. 단시간 뇌격은 일반적으로 T_2 가 2ms 미만인 임펄스 형태의 뇌격을 말합니다. 반면에 그림 7과 같이 지속성 전류에 상응하는 뇌 방전을 장시간 뇌격이라고 합니다. 장시간 뇌격전류의 지속시간 T_{LONG} (시작점으로부터 파두부의 크기가 피크값의 10%가 되는 시간에서 파미부의 크기가 10%로 되기까지의 시간)은 일반적으로 2ms보다 길고 1s 미만입니다.

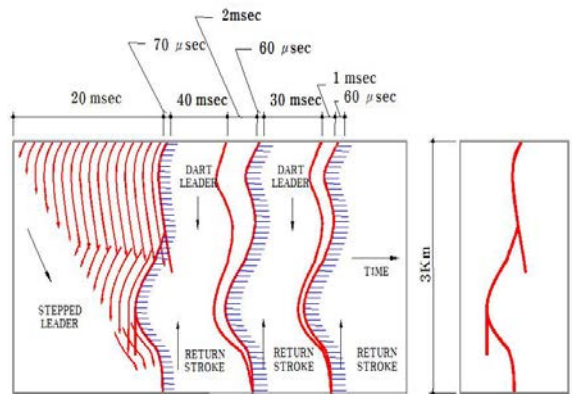
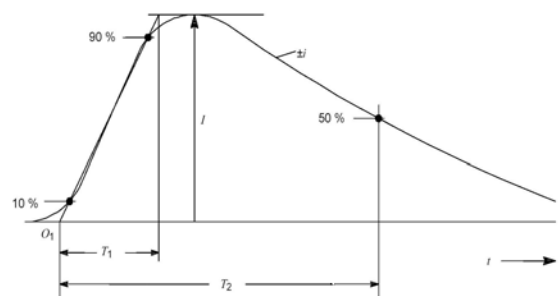


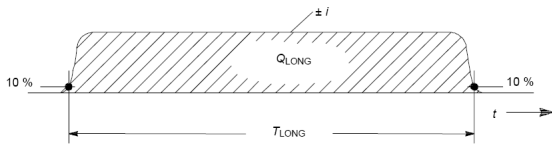
그림 5. 낙뢰(섬락)의 진행과정 및 뇌격



- O_1 : 규약원점
- I : 첨두전류
- T_1 : 파두시간
- T_2 : 첨두값의 1/2에 도달하는 시간 파미시간

그림 6. 단시간 뇌격(임펄스 전류) 파라미터의 정의

국제전기기술(IEC) 해설



T_{LONG} : 지속시간

Q_{LONG} : 장시간 뇌격 전하

그림 7. 장시간 뇌격 파라미터의 정의

대지 또는 돌출물(예 : 구조물, LPS, 선로, 나무 등)과 뇌방전이 일어나는 지점을 뇌격점(point of strike)이라고 합니다. 뇌 방전은 2개 이상의 뇌격점에서 방전이 발생하기도 합니다. 이러한 특성은 피뢰시스템의 수뢰부에서 돌침뿐만 아니라 수평도체를 설치함으로써 수뢰의 확률을 높일 수 있다고 할 수 있겠습니다.

이때 뇌격점에 흐르는 전류를 뇌전류(lightning current)라고 하며, 뇌전류의 최고값을 피크값(current peak value)이라고 합니다.

단시간 뇌격전류(임펄스 전류)는 전류가 빠르게 변화하므로 전기전자장비에 큰 충격을 줍니다. 따라서 얼마나 빠르게 변화하는지를 나타내기 위해서 임펄스 전류 파두의 평균준도(average steepness of the front of impulse current)를 사용합니다. 이는 그림 6에서 시간간격 $\Delta t = t_2 - t_1$ 동안 전류의 평균 변화율을 의미하는데, 이것은 시간 간격의 시작점과 끝점에서의 전류크기의 차 $\Delta i = i(t_2) - i(t_1)$ 을 시간 $\Delta t = t_2 - t_1$ 로 나눈 값을 나타냅니다.

이때 임펄스 전류의 파두시간(front time of impulse current) 피크값의 10%와 90%에 도달하는 순간의 시간 간격에 1.25를 곱한 시간으로 정의된 가상파라미터입니다. 그림 6에서 임펄스 전류의 규약원점(virtual origin of impulse current)은 뇌전류의 파두부에서 피크값의 10%와 90% 기준점을 통과하도록 그은 직선과 시간축의 교점을 말하며, 규

약원점은 피크값의 10%가 되는 순간보다 $0.1T_1$ 에 앞서게 됩니다. 반면에 임펄스 전류의 파미시간(T_2)은 규약원점과 파미부에서 피크값의 1/2이 되는 순간까지의 시간 간격으로 정의된 가상파라미터입니다.

[다음 호에도 용어의 정의에 대하여 계속 연재합니다.]

◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍(李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지구획 연구원 연구위원. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 81, MT 8 국제위원(Member). IEC TC 37/SC 37A/WG 3 & 4 국제위원(Member). IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내전문위원. APL(아시아-태평양 피뢰설비 국제 컨퍼런스) 한국위원장. APEI(아시아태평양 전기설비 국제 컨퍼런스) 한국위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr



IEC 62305-1(낙뢰보호_일반원칙) 해설(2)

이기홍 <토지주택연구원 미래기술연구실 실장>

이번 호에는 지난 호에 이어 낙뢰보호(또는 낙뢰대책)에 관한 국제표준 IEC 62305에서 정의하고 있는 용어정의를 해설해드립니다.

I : 낙뢰 전류

R : 저항

또한 낙뢰전류가 저항이 일정한 대지의 한 점에서 흐르기 시작하면 그림 1과 같은 대지전위가 형성되게 됩니다.

1. IEC 62305의 제정 및 개정(지난호)

2. IEC 62305의 구성(지난호)

3. IEC 62305-1에서의 용어정의

3.1 낙뢰(lightning flash to earth)(지난호)

3.2 뇌격(lightning stroke)(지난호)

3.3 전류 피크값 I (peak value)

뇌 전류의 최대값을 말합니다. 뇌 전류는 부하의 특성에 독립적인 전류입니다. 즉 뇌방전은 가장 이상적인 전류원으로 생각할 수 있습니다.

따라서 뇌 전류가 도체에 흐르면 옴(Ohm)의 법칙에 의해 아래와 같이 도체에 전압강하가 발생합니다.

$$U = I \times R$$

단, U : 전압

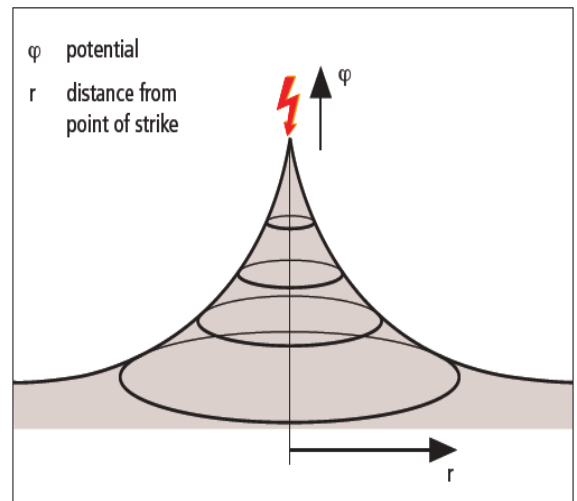


그림 1. 대지저항률이 일정한 대지에 뇌격이 발생하였을 때의 대지전위 분포 형상

그림 1과 같이 대지전위가 급격하게 변하는 지점에 동물이나 사람이 있을 때에는 그림 2와 같이 보폭전압에 의해 그림 3과 같이 동물이나 사람이 다치거나 죽게 됩니다(그림 3).

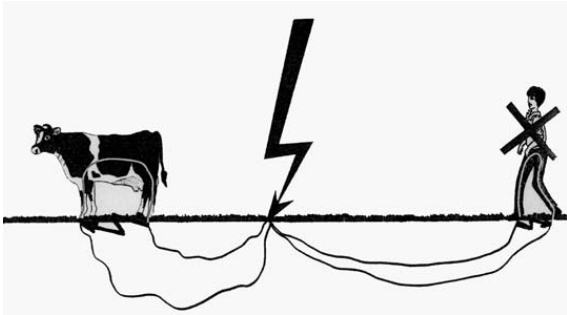


그림 2. 보폭전압에 의한 낙뢰피해 개념



자료 출처 : NOAA(미국해양대기청)

그림 3. 낙뢰전류에 의한 보폭전압으로 발생한 피해 사례

한편 그림 4와 같이 건축물의 피뢰침에 낙뢰가 발생하여 인하도선에 100kA의 낙뢰전류가 흐르고, 접지시스템의 접지저항(R_E)이 10 Ω 이라면 접지시스템이 있는 건물의 대지에는 1,000kV의 대지전압이 발생하게 됩니다. 이때 건축물에 인입되는 전원은 낙뢰가 발생한 건물과 떨어져 있는 변전실의 접지(대지전위 0V)와 연결되어 있으므로 건물 내에 있는 전기설비에는 1,000kV의 전위차가 발생하여 전기설비들이 파손되게 됩니다. 그림 5는 낙뢰에 의해 전기설비들이 파손되는 원리를 설명하여 주고 있습니다.

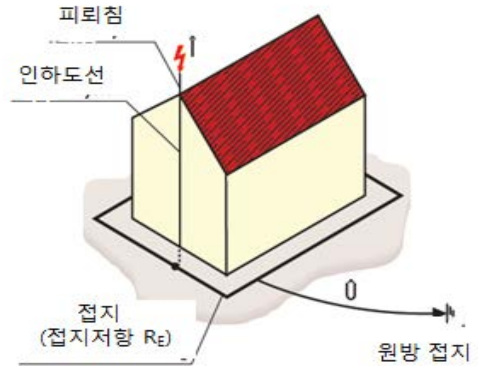


그림 4. 건축물에서의 피뢰시스템

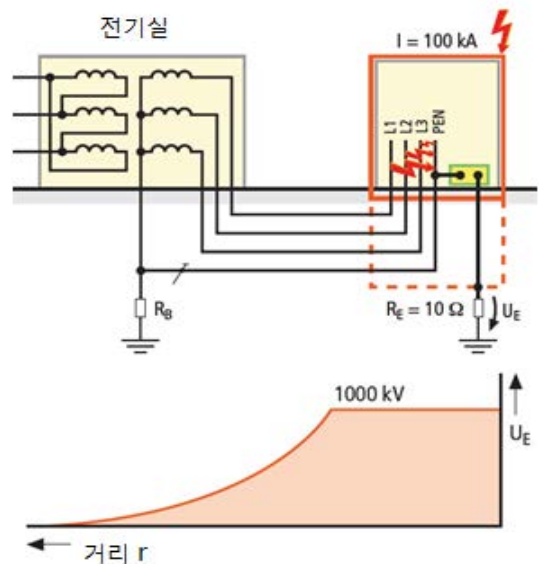


그림 5. 낙뢰에 의한 전기설비 파손 원리

3.4 낙뢰전류의 준도 (Steepness of lightning current)

낙뢰전류의 준도라 함은 임펄스 낙뢰전류에서 파두 시간동안 발생한 전류의 평균변화율을 말합니다.

좀 더 정확히 표현하자면, 파두시간의 시작점을 t_1 , 끝점을 t_2 라 하였을 때 파두시간의 시작점과 끝점에

서의 전류 크기의 차 $\Delta i = i(t_2) - i(t_1)$ 을 시간 $\Delta t = t_2 - t_1$ 으로 나눈 값을 낙뢰전류의 준도라고 합니다. 낙뢰전류의 준도는 그림 6과 같이 전자기적으로 유도되는 전압의 크기를 결정합니다.

이처럼 낙뢰전류가 흐르는 인하도선 근처에 있는 모든 개방 또는 폐회로 도체 루프에 구형파 전압을 유기시킵니다.

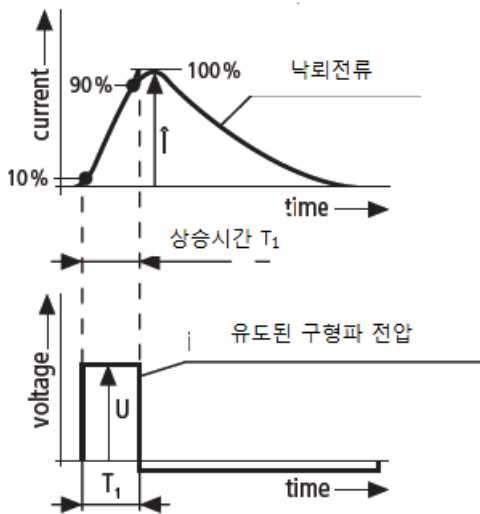


그림 6. 낙뢰전류의 준도와 유도되는 구형파 전압

그림 7에서는 낙뢰전류가 유도전압을 일으킬 수 있는 다양한 형태의 도체 루프들을 보여주고 있습니다.

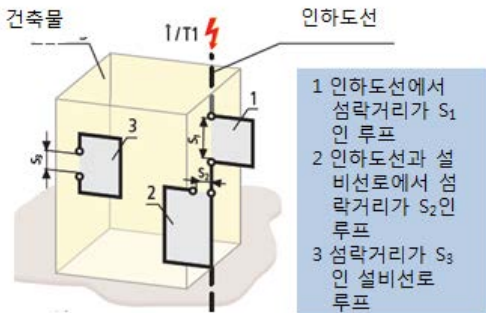


그림 7. 전압이 유기될 수 있는 다양한 형태의 루프들

각 루프에 Δt 동안 유기되는 전압 U는 다음과 같습니다.

$$U = M \cdot \Delta i / \Delta t$$

단 M : 상호인덕턴스

$\Delta i / \Delta t$: 낙뢰전류의 준도

예를 들어 그림 8과 같이 인하도선으로부터 3m 떨어져 한 변의 길이가 10m인 화재경보시스템의 선로가 있다고 가정하고 인하도선에 흐르는 낙뢰전류의 준도가 $150 \text{ kA} / \mu\text{s}$ 라고 하면, 이 화재경보시스템의 선로에 유기되는 전압은 얼마일까요?

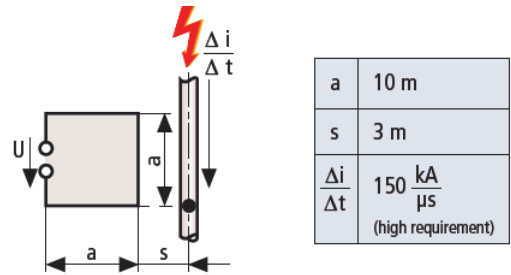


그림 8. 인하도선과 선로의 구성 사례

우선 상호인덕턴스는 그림 9에서 구할 수 있습니다. 거리가 3m이고 한 변의 길이가 10m이면 상호인덕턴스는 그림 9에서 약 $4.8 \mu\text{H}$ 인 것임을 알 수 있습니다.

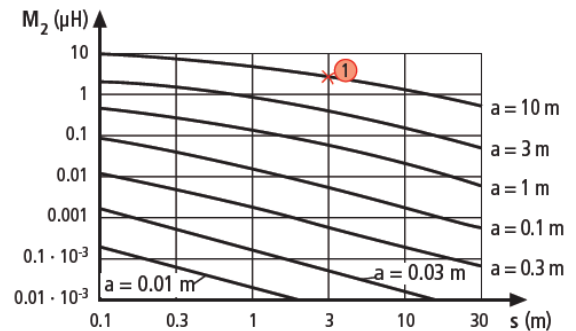


그림 9. 상호인덕턴스 산출 그래프

따라서 인하도선에 흐르는 전류에 의해 화재경보시스템의 선로에 유기되는 전압은

$$U = M \cdot \Delta i / \Delta t = 4.8 \cdot 150 = 720\text{kV}$$

가 됩니다.

참고문헌

〔1〕 LIGHTNING PROTECTION GUIDE, DEHN.

[다음호에도 용어 정의에 대하여 계속 연재합니다.]

◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍(李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 81, MT 8 국제위원(Member). IEC TC 37/SC 37A/WG 3 & 4 국제위원(Member). IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내전문위원. APEI(아시아태평양 전기설비 국제 컨퍼런스) 한국위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr



IEC 62305-1(낙뢰보호_일반원칙) 해설(3)

이기 홍 <한국토지주택연구원 미래기술연구실 실장>

이번 호에는 지난 호에 이어 낙뢰보호(또는 낙뢰대책)에 관한 국제표준 IEC 62305에서 정의하고 있는 용어정의를 해설해드립니다.

1. IEC 62305의 제정 및 개정(지난호)

2. IEC 62305의 구성(지난호)

3. IEC 62305-1에서의 용어정의

3.1 낙뢰(lightning flash to earth)(지난호)

3.2 뇌격(lightning stroke)(지난호)

3.3 전류 피크값 i (peak value)(지난호)

3.4 낙뢰전류의 준도(Steepness of lightning current)(지난호)

3.5 뇌방전 전하 Q_{flash} (flash charge)

뇌방전 전하(Q_{flash})는 전체 뇌방전 시간동안 뇌격 전류를 시간으로 적분한 값을 말합니다. 뇌방전은 단 시간 뇌격에 의한 방전과 장시간 뇌격에 의한 방전이 있으므로 뇌방전 전하 Q_{flash} 는 Q_{short} 와 Q_{long} 로 구성 된다고 할 수 있습니다.

수식으로는 다음과 같이 표현할 수 있습니다.

$$Q = \int i dt$$

낙뢰전류에 의한 뇌방전 전하는 뇌격점에 가해지는 에너지를 결정합니다.

방전으로 뇌격점에 가해지는 에너지(W)는 다음 수식과 같이 낙뢰전류에 의한 뇌방전 전하(Q)와 아주 미세한 공극 애노드/캐소드 간에서 발생하는 전압강하($U_{A,K}$)의 곱으로 표현됩니다.

$$W = Q \cdot U_{A,K}$$

이러한 개념은 그림 1과 같이 표현할 수 있습니다.

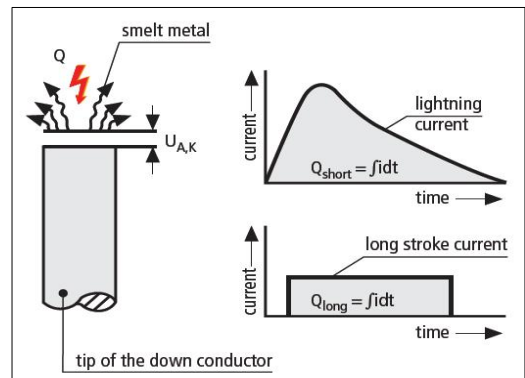


그림 1. 뇌격점에 가해지는 에너지(1)

따라서 낙뢰전류의 뇌방전 전하는 갱형 서지보호장치(SPD)를 파괴(용융)시키거나 금속체를 용융시키기도 합니다.

그림 2는 장시간 뇌격에 의해 금속이 용융된 형태를 나타내고, 그림 3은 단시간 뇌격(임펄스 뇌격)에 의해 용융된 금속체 모양을 나타냅니다.

특히 그림 2와 같이 장시간 뇌격은 단시간 뇌격보다 뇌방전 전하가 많으므로 에너지가 커서 금속, 특히 합석과 같이 얇은 금속판이 용융되어 천공되는 경우가 있습니다. 따라서 금속기와나 합석 형태의 건축자재 등이 낙뢰에 의해 용융되어 천공이 발생하지 않도록 피뢰시스템을 설계 및 시공하는 것이 필요합니다.

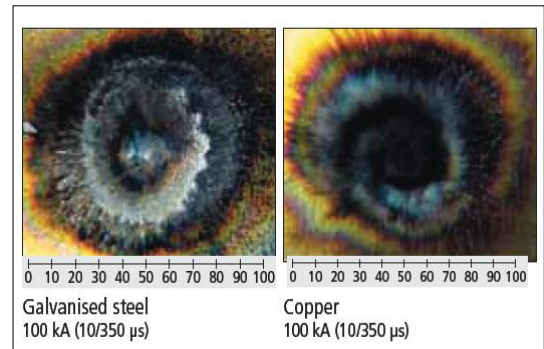


그림 3. 단시간 뇌격에 의한 용융된 금속표면¹⁾

3.6 비(比)에너지(specific energy)(W/R)

비(比)에너지는 다음 수식과 같이 뇌방전 지속시간 동안 뇌전류의 제곱을 시간으로 적분한 값으로서, 물리적으로 표현하면 단위 저항에서 뇌전류에 의해 방산되는 에너지를 말합니다.

$$W/R = \int i^2 dt$$

따라서 저항 R인 도선에 가해지는 에너지(W)는 다음 식과 같이 표현할 수 있습니다.

$$W = R \cdot \int i^2 dt = R \cdot W/R$$

비에너지는 그림 4와 같이 임펄스낙뢰전류가 도체에 흐를 때 도체에 발생하는 열이나 2개 도체에 낙뢰전류가 흐를 때 발생하는 전자기력에 관련됩니다.

따라서 폭발이나 화재, 인명의 손상 등이 우려되는 곳에서의 피뢰도선에서 비에너지에 의해 발생할 수 있는 열의 발산이나 전자기력의 영향 등을 고려하여 피뢰시스템을 설계하고 시공하는 것이 필요합니다.

참고로 낙뢰전류의 비에너지별로 도선의 종류와 굵기에 따라 도선에 발생하는 온도는 대략 표 1과 같습니다.

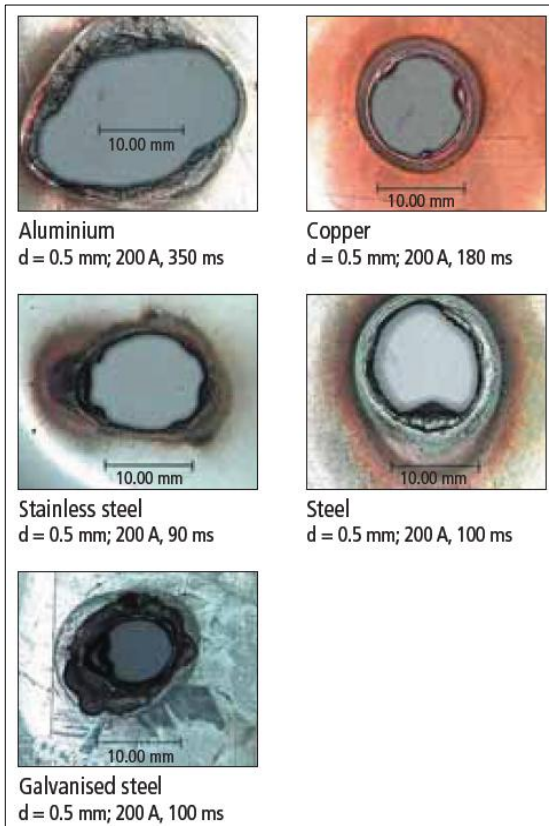


그림 2. 장시간 뇌격에 의한 용융된 금속 형태¹⁾

1) 출처 : DEHN, Lightning protection guide

◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍(李起弘)
 1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택연구원, 연구위원. 미래기술연구실 실장. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 81, MT 8 국제위원(Member). IEC TC 37/SC 37A/WG 3 & 4 국제위원(Member). IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내전문위원. APEI(아시아태평양 전기설비 국제컨퍼런스) 한국위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr

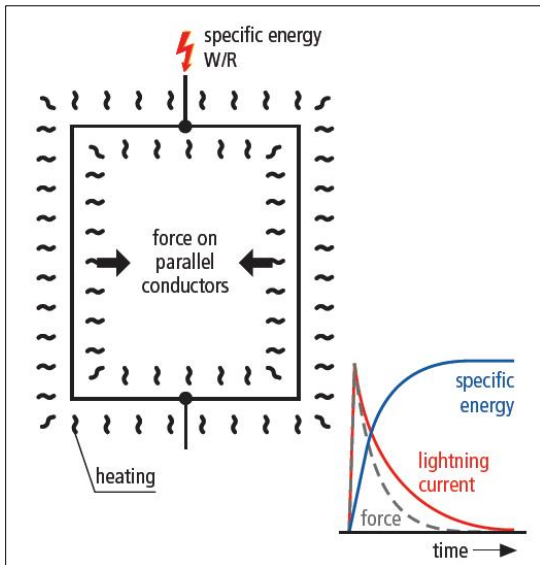


그림 4. 낙뢰전류의 비에너지에 의한 열과 전자기계력²⁾

표 1. 비에너지에 의해 다양한 도선에 발생하는 온도²⁾
 (절대온도 K 기준)

굵기[mm ²]	4	10	16	25	50	100
알루미늄 W/R [MJ/Ω]	2.5	-	564	146	52	12
	5.6	-	-	454	132	28
	10	-	-	-	283	52
철 W/R [MJ/Ω]	2.5	-	-	1120	211	37
	5.6	-	-	-	913	96
	10	-	-	-	-	211
구리 W/R [MJ/Ω]	2.5	-	169	56	22	5
	5.6	-	542	143	51	12
	10	-	-	309	98	22
스테인레스 W/R [MJ/Ω]	2.5	-	-	-	940	190
	5.6	-	-	-	-	460
	10	-	-	-	-	940

[다음호에도 용어 정의에 대하여 계속 연재합니다.]

2) 출처 : DEHN, Lightning protection guide



IEC 62305-1(낙뢰보호_일반원칙) 해설(4)

이기 흥 <한국토지주택연구원 미래기술연구실 실장>

이번 호에는 낙뢰보호(또는 낙뢰대책)에 관한 국제표준 IEC 62305에서 정의하고 있는 뇌전류 파라미터를 소개해드립니다.

1. IEC 62305의 제정 및 개정(지난호)

2. IEC 62305의 구성(지난호)

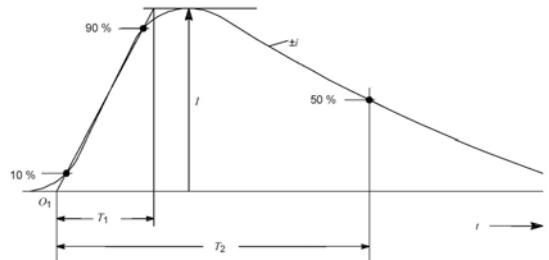
3. IEC 62305-1에서의 용어정의(지난호)

4. IEC 62305에서의 뇌전류 파라미터

IEC 62305시리즈에 사용되는 뇌전류의 파라미터에 대한 내용은 IEC 62305-1의 부속서(A~D)에 기술되어 있습니다. 그 내용을 정리해서 소개하면 다음과 같습니다.

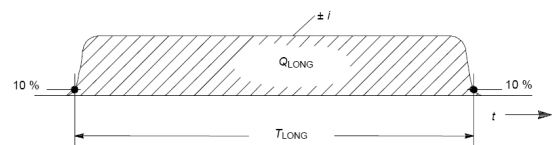
4.1 낙뢰(lightning flash to earth)

낙뢰(뇌방전)의 형태는 기본적으로 2가지로 구분합니다. 그중 하나는 뇌운에서 대지로 향하는 하향리더에 의해 진전하는 하향 낙뢰이며 다른 하나는 접지된 구조물에서 뇌운으로 향하는 상향리더에 의해 진전하는 상향 낙뢰입니다.



- O_1 규약원점
- I 피크전류
- T_1 파두시간
- T_2 피크값의 1/2에 도달하는 시간(파미시간)

그림 1. 임펄스전류 파라미터의 정의($T_2 < 2ms$)



- T_{LONG} 지속시간
- Q_{LONG} 장시간 뇌격 전하

그림 2. 장시간 뇌격 파라미터의 정의

($2ms < T_{LONG} < 1s$)

대부분의 하향 낙뢰는 평지나 낮은 구조물에서 발생하는 반면에 상향 낙뢰는 높은 구조물에서 발생하는 특성이 있습니다. 이때 낙뢰전류는 하나 이상

의 뇌격으로 구성되는데 그 뇌격들은 그림 1과 같이 지속시간이 2ms 미만인 임펄스전류와 그림 2와 같이 지속시간이 2ms를 넘는 장시간 뇌격으로 구분됩니다.

이 외에도 뇌격의 특성은 극성(정극성 또는 부극성)이나 뇌방전(최초뇌격, 후속뇌격, 중첩뇌격)이 진전하는 동안의 위치에 따라 달라집니다.

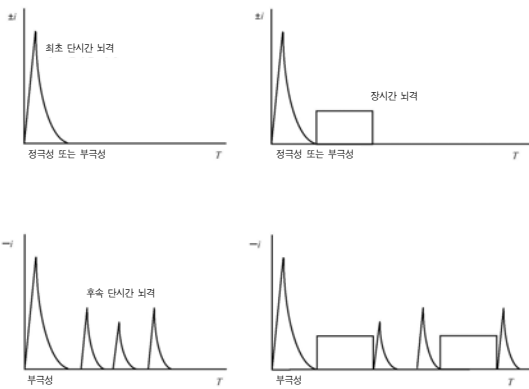


그림 3. 하향 낙뢰의 발생 가능 구성요소

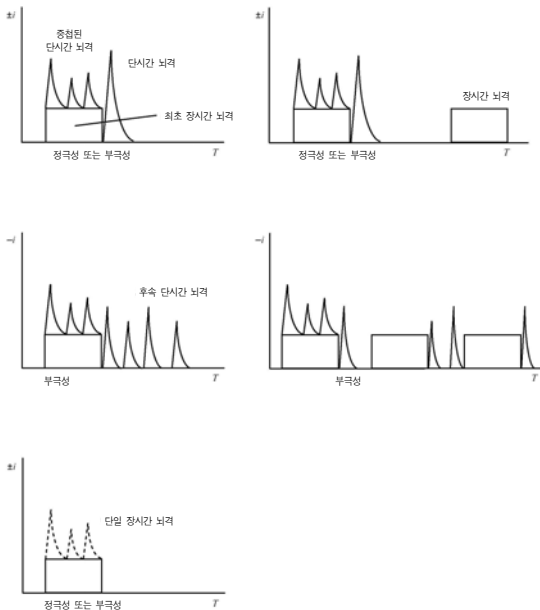


그림 4. 상향 낙뢰의 발생 가능 구성요소

뇌전류를 구성하는 요소는 하향 낙뢰와 상향 낙뢰가 다르게 구성되는 특성이 있는데, 그림 3에서는 하향 낙뢰의 발생 가능 구성요소를 보여주고 있으며 그림 4는 상향 낙뢰의 발생 가능 구성요소를 보여주고 있습니다.

그림 4에서와 같이 상향 낙뢰의 발생 가능 구성요소는 단일 장시간 뇌격 또는 최초 장시간 뇌격에 수십 개의 임펄스가 중첩된 경우입니다. 그리고 상향 낙뢰의 모든 임펄스전류 파라미터는 하향 낙뢰의 임펄스 전류보다 크기가 작습니다. 또한, 상향 낙뢰의 최대 장시간 뇌격의 전하량은 아직 확정되지 않았으며, 상향 낙뢰의 뇌전류 파라미터는 하향 낙뢰의 뇌전류 파라미터 최댓값 범위 내에 있는 것으로 간주하고 있습니다.

4.2 낙뢰전류 파라미터와 피뢰레벨

4.2.1 낙뢰전류 파라미터

IEC 62305시리즈에서 규정하는 뇌전류 파라미터는 국제 대전력망기술협의회(CIGRE : Conseil International des Grands Reseaux Electriques)에서 제공하는 낙뢰 자료에 기초한 것입니다. 자료의 통계분포는 대수 정규분포를 가지며 이들 자료의 평균이나 분산, 분포함수 등을 바탕으로 각각의 파라미터값이 발생할 확률을 결정하게 됩니다. 낙뢰의 극성 발생비율은 10%의 정극성과 90%의 부극성이 발생하는 비율로 추정하였습니다.

이와 같은 분석으로 각 뇌전류 피크값(I)까지의 발생 가능 확률은 표 1과 같습니다.

4.2.2 피뢰레벨(LPL)

IEC 62305시리즈에서는 4개의 피뢰레벨(I-IV)을 적용하며, 국제 대전력망기술협의회(CIGRE)의 자료에 근거하여 각 피뢰레벨에 대한 최대 또는 최소 뇌격전류 파라미터를 정하였습니다.

표 1. 뇌전류 의 함수로서 발생 가능 확률 P

(kA)	P	(kA)	P
0	1	60	0.2
3	0.99	80	0.1
5	0.95	100	0.05
10	0.9	150	0.02
20	0.8	200	0.01
30	0.6	300	0.005
35	0.5	400	0.002
40	0.4	600	0.001
50	0.3	-	-

LPL I 과 관련된 뇌격전류 파라미터의 최댓값은 LPL II에 대해 75%, LPL III와 LPL IV에 대해 50%로 줄어들며(I, Q, di/dt에 선형적이며, 반면에 W/R의 제곱에 비례합니다) 시간파라미터는 변하지 않습니다. 4개의 보호레벨에 대한 뇌격전류 파라미터의 최댓값은 표 2와 같습니다.

표 2의 파라미터 최댓값들은 피뢰시스템의 구성요소(예, 도체의 단면적, 금속판의 두께, SPD의 전류 용량, 위험한 불꽃방전에 대비한 이격거리)를 설계하는데 이용되며, 그러한 구성요소에 대한 뇌격 영향을 모의하는 시험파라미터를 정의하는데도 이용됩니다.

표 2. 피뢰레벨(LPL) 별 뇌격전류 파라미터의 최댓값

최초 정극성 임펄스			피뢰레벨(LPL)			
전류파라미터	기호	단위	I	II	III	IV
피크전류	I	kA	200	150	100	
임펄스 전하	Q _{SHORT}	C	100	75	50	
비에너지	W/R	MJ/Ω	10	5.6	2.5	
시간파라미터	T ₁ /T ₂	μs/μs	10/350			
최초 부극성의 임펄스 1)			피뢰레벨(LPL)			
전류파라미터	기호	단위	I	II	III	IV
피크전류	I	kA	100	75	50	
평균기울기	di/dt	kA/μs	100	75	50	
시간파라미터	T ₁ /T ₂	μs/μs	1/200			

후속 임펄스			피뢰레벨(LPL)			
전류파라미터	기호	단위	I	II	III	IV
피크전류	I	kA	50	37.5	25	
평균기울기	di/dt	kA/μs	200	150	100	
시간파라미터	T ₁ /T ₂	μs/μs	0.25/100			
장시간 뇌격			피뢰레벨(LPL)			
전류파라미터	기호	단위	I	II	III	IV
장시간 뇌격 전하	Q _{LONG}	C	200	150	100	
시간파라미터	T _{LONG}	s	0.5			
뇌방전			피뢰레벨(LPL)			
전류파라미터	기호	단위	I	II	III	IV
뇌방전 전하	Q _{FLASH}	C	300	225	150	

1) 이 전류파형의 사용은 계산에만 관련이 있고 시험과는 무관하다.

[다음호에도 용어 정의에 대하여 계속 연재합니다.]

참고문헌

- [1] KS C IEC 62305-1(피뢰시스템-제1부: 일반원칙), 2012.

◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍(李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지구택공사 토지구택연구원, 연구위원. 미래기술연구실 실장. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 81, MT 8 국제위원(Member). IEC TC 37/SC 37A/WG 3 & 4 국제위원(Member). IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내전문위원. 2013 APL(아시아태평양 피뢰 국제컨퍼런스) 조직위원장. APEI(아시아태평양 전기설비 국제컨퍼런스) 한국위원장.
E-mail : lkh21@lh.or.kr



IEC 62305-1(낙뢰보호_일반원칙) 해설(5)

이기홍 (한국토지주택연구원 미래기술연구실 실장)

이번 호에는 뇌격에 의한 손상과 손실, 그리고 이들을 최소화하기 위한 보호(방호)대책 등을 소개합니다.

1 뇌격으로 인한 손상(Damage)

구조물에 뇌격이 가해지면 구조물 자체뿐만 아니라 그 속에 거주하고 있는 사람이나 구조물에 설치된 내부시스템에 손상을 일으키게 됩니다. 이러한 손상은 구조물의 구조형식, 기능, 거주자 또는 내용물, 접속된 인입설비(전력선, 통신선, 배관), 시설되어 있는 보호대책, 위험의 확산 정도 등에 따라 영향을 받아 다양한 형태로 발생합니다. 다양한 뇌격의 손상은 다음과 같이 크게 3가지 유형으로 구분할 수 있습니다.

(손상의 유형)

- D1 : 감전에 의한 인축의 상해
- D2 : 물리적 손상(화재, 폭발, 기계적 파괴 등)
- D3 : LEMP로 인한 내부시스템의 고장

이처럼 손상을 발생시키는 손상의 원인은 뇌격 점의 위치에 따라 다르며 다음과 같이 4가지로 구분할

수 있습니다.

(손상의 원인(Source))

- S1 : 구조물 뇌격
- S2 : 구조물 근처 뇌격
- S3 : 구조물에 접속된 선로 뇌격
- S4 : 구조물에 접속된 선로 근처 뇌격

손상은 곧 손실을 줍니다. 즉 단독 또는 다른 손상과 결합하여 나타나는 각종 손상은 보호하고자 하는 구조물에 다양하고 중대한 손실을 주게 됩니다.

이러한 손실은 다음과 같이 4가지 유형으로 구분합니다.

(손실의 유형(Loss))


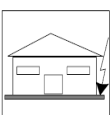
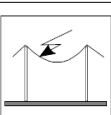
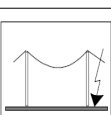
- L1 : 인명손실(영구적인 상해 포함)
- L2 : 공공 서비스의 손실
- L3 : 문화유산의 손실
- L4 : 경제적 손실(구조물과 그 내용물, 활동의 손실)

L1, L2, L3는 사회적 가치의 손실이며 L4는 경제적 손실로 구분할 수 있습니다.

이처럼 뇌격 점에 따라 발생하는 다양한 손상과 손

실의 상관관계를 정리하면 표 1과 같습니다.

표 1. 다양한 뇌격 점에 따른 구조물의 손상과 손실

뇌격 점		손상 원인	손상 유형	손실 유형
구조물		S1	D1 D2 D3	L1, L4 ⁽¹⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ⁽²⁾ , L2, L4
구조물 근처		S2	D3	L1 ⁽²⁾ , L2, L4
구조물에 접속된 선로		S3	D1 D2 D3	L1, L4 ⁽¹⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ⁽²⁾ , L2, L4
접속선로 근처		S4	D3	L1 ⁽²⁾ , L2, L4

주(1) 단지 동물의 피해가 유발될 수 있는 손실
주(2) 폭발의 위험이 있는 구조물과 병원 또는 내부시스템의 고장이 즉각적으로 인명에 위험이 되는 구조물에 해당되는 손실

2. 피뢰시스템의 필요성 평가

사회적 가치의 손실인 L1, L2, L3의 손실을 줄이기 위해서는 보호하고자 하는 대상물에 피뢰시스템이 필요한지를 평가하여야 합니다. 대상물에 피뢰시스템이 필요한지 아닌지를 평가하기 위해서는 KSC IEC62305-2에 기술된 절차에 따라 리스크 평가를 해야 합니다. 다양한 손실유형에 대한 리스크는 다음과 같이 4가지 리스크를 고려해야 합니다.

- R₁ : 인명 손실 또는 영구상해의 리스크
- R₂ : 공공 서비스의 손실 리스크
- R₃ : 문화유산의 손실 리스크
- R₄ : 경제적 가치의 손실 리스크

이들 리스크 유형과 손상유형 및 손실유형과의 관계를 나타내면 그림 1과 같습니다.

리스크 중에서 경제적 가치의 손실 리스크 R₄는 피뢰시스템의 경제적 타당성이 고려될 필요가 있을 때만 평가합니다. 따라서 피뢰시스템의 필요성은 경제적 손실리스크 R₄를 제외한 리스크 R(R₁ ~ R₃)이 허용레벨 R_T보다 크면 피뢰시스템이 필요하다고 평가합니다.

만약 리스크를 평가한 결과, 리스크 R(R₁ ~ R₃)이 허용레벨 R_T보다 크다면 (R > R_T), 리스크 R(R₁ ~ R₃)을 허용레벨 R_T까지 줄이기 위한(R ≤ R_T) 보호대책을 마련해야 합니다.

반면에 보호대상 구조물에 대한 피뢰시스템의 필요성 이외에도, 경제적 손실 L4를 줄이기 위한 보호대책을 실시하는 경우의 경제적 손익을 평가할 필요가 발생하는 경우도 있습니다.

리스크 R₄의 평가는 허용된 보호 대책의 유무에 따른 경제적 손실 비용을 산출하게 됩니다.

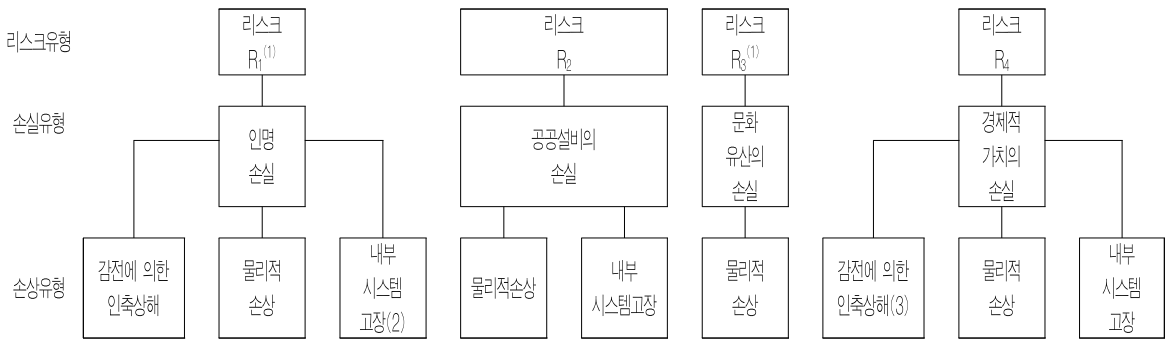
보호 대책을 적용한 경우, 잔존 손실액 C_{RL}과 보호 대책의 비용 C_{PM}의 합이 보호 대책이 없을 때의 총손실 비용 C_L보다 작다면(C_{RL} + C_{PM} < C_L), 피뢰시스템은 비용면에서 효과적인 것으로 평가할 수 있습니다.

이러한 리스크 평가와 보호 대책 선정을 위한 절차에 대해서는 KS C IEC 62305-2에서 상세하게 기술하고 있습니다.

3. 보호(방호) 대책

보호(방호) 대책은 유형별 손상의 위험을 줄이기 위해 다음과 같은 대책들이 적용됩니다.

- (1) 인축의 상해를 줄이기 위한 보호 대책
 - 노출도전성 부분의 적절한 절연
 - 메시접지시스템을 이용한 등전위화
 - 물리적 제한과 경고 표시



주(1) 구조물에만 적용
 주(2) 내부시스템의 고장이 직접 인명피해를 유발할 수 있는 병원이나 이와 같은 구조물에만 적용
 주(3) 가치의 피해가 예상되는 구조물에만 적용

그림 1. 손상, 손실 및 리스크 유형과의 관계

·피뢰 등전위 분당

(2) 물리적 손상을 줄이기 위한 보호 대책

- 수뢰부시스템
- 인하도선시스템
- 접지시스템
- 피뢰등전위본딩

· 외부피뢰시스템으로부터 전기적 절연(이격거리)

(3) 전기·전자시스템의 고장을 줄이기 위한 보호 대책

- 접지 및 분당 대책
- 자기차폐
- 선로의 포설경로
- 절연인터페이스
- 협조된 SPD시스템

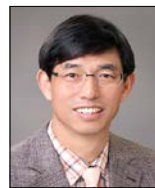
이러한 보호 대책은 단일 또는 조합으로 사용될 수 있으며 함께 전체적인 피뢰시스템을 구성합니다. 예상되는 각종 손상의 유형과 정도, 여러 가지 보호 대책의 기술 및 경제적 관점에 따라 보호 대책의 설계자나 피보호 구조물의 소유자는 최적을 보호 대책을 선

정할 수 있습니다. 이러한 리스크 평가 및 적합한 보호대책의 선정기준은 KS C IEC 62305-2에서 자세하게 기술하고 있습니다.

참고문헌

[1] KS C IEC 62305-1(피뢰시스템-제1부: 일반원칙), 2012.

◇ 저 자 소 개 ◇



이기흥(李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택연구원, 연구위원. 미래기술연구실 실장. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 81, MT 8 국제위원(Member). IEC TC 37/SC 37A/WG 3 & 4 국제위원(Member). IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내전문위원. 2013 APL(아시아태평양 피뢰 국제컨퍼런스) 조직위원장. APEI(아시아태평양 전기설비 국제컨퍼런스) 한국위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr



IEC 62305-2(낙뢰보호_리스크관리) 해설(1)

이기홍 <한국토지주택연구원 미래기술연구실 실장>

IEC 62305-2는 낙뢰로 인해 발생하는 위험 요소의 평가 절차를 제공하기 위한 표준입니다. 앞으로 IEC 62305-2(리스크관리)를 연재하며 이번호에는 다양한 용어들을 소개합니다.

1 용어 해설

리스크 관리(risk management)는 화재, 침입, 폭발, 위협, 지진 등 다양한 위험요소를 평가하여 합리적으로 대응할 수 있도록 하는 것이라 할 수 있습니다. 최근에는 경영, 금융 등 다양한 분야에서도 리스크 관리라는 용어를 많이 사용하고 있습니다. 따라서 피뢰시스템에서 리스크관리는 낙뢰위험요소를 평가하여 낙뢰피해를 최소화하도록 대처하는 것이라 할 수 있습니다. 그럼 IEC 62305-2에서 나오는 다양한 용어들에 대해서 먼저 소개합니다.

1.1 보호대상 구조물

(Structure to be protected)

보호대상 구조물이란 뇌격의 영향으로부터 보호해야 하는 구조물로서 피뢰시스템으로 낙뢰로부터 보호하고자 하는 구조물을 말합니다.

이러한 구조물은 일반적인 구조물뿐 만 아니라 폭

발 위험성 구조물과 환경요소에 의해 위험한 구조물도 있습니다. 이들에 대한 정의는 다음과 같습니다.

(1) 폭발위험성 구조물

(Structure with risk of explosion)

고체 폭발성 물질을 저장하는 구조물 또는 KS C IEC 60079-10-1¹⁾과 IEC 60079-10-2²⁾에 따라 정해진 위험한 영역

(2) 환경요소에 의해 위험한 구조물(structures dangerous to the environment)

낙뢰의 결과로 생물학적, 화학적, 방사능의 방출을 일으킬 수 있는 화학플랜트, 석유화학플랜트, 원자력 발전소 등과 같은 구조물

1.2 환경

보호대상 건축물이 위치하는 환경을 도시 환경, 근교 환경, 농촌 환경으로 구분하며 이들에 대한 정의는 다음과 같습니다.

- 1) IEC 60079-10-1, Explosive atmospheres-Part 10-1 : Classification of areas-Explosive gas atmospheres
- 2) IEC 60079-10-2:2009, Explosive atmospheres -Part 10-2 : Classification of areas

(1) 도시 환경(urban environment)

건물의 높은 밀집도 또는 높은 건물에 조밀한 인구 밀도의 공동체가 있는 지역(예 : 도심)

(2) 근교 환경(suburban environment)

건물의 밀집도가 보통인 지역(예 : 교외)

(3) 농촌 환경(rural environment)

건물의 밀집도가 낮은 지역(예 : 시골)

1.3 위험한 낙뢰(방전)(dangerous event)

보호대상 건축물 또는 근처, 보호대상 구조물에 접촉된 선로 또는 근처에서 이들에게 손실을 끼칠 수 있는 낙뢰(방전)를 말합니다. 이러한 낙뢰는 구조물에 직접 낙뢰가 발생하는 경우 또는 구조물에 근접하여 발생하는 경우, 선로에 직접 발생하는 낙뢰와 선로에 근접하여 발생하는 낙뢰로 구분하는 데, 이들에 대한 각각의 정의는 다음과 같습니다.

(1) 구조물 직격뢰
(lightning flash to a structure)

보호대상 구조물에 직접 발생하는 낙뢰

(2) 구조물 근접뢰
(lightning flash near a structure)

위험한 과전압을 일으킬 정도로 보호대상 구조물 근처에서 발생하는 낙뢰

(3) 선로 직격뢰
(lightning flash to a line)

보호대상 구조물에 접속된 선로에 직접 발생하는 낙뢰

(4) 선로 근접뢰
(lightning flash near a line)

위험한 과전압을 일으킬 정도로 보호대상 구조물에 접속된 선로에 충분히 근접하여 발생하는 낙뢰

1.4 위험한 낙뢰(방전) 횟수
(dangerous event)

보호대상 건축물이나 선로에 직접 또는 근처에 발생하여 손해를 끼칠 수 있는 위험한 낙뢰의 예상 연평균 횟수를 의미합니다.

(1) 위험한 구조물 직격뢰 횟수(No)
(number of dangerous events due to flashes to a structure)

구조물에 대한 위험한 직격뢰 예상 연평균 횟수

(2) 위험한 구조물 근접뢰 횟수(Nm)
(number of dangerous events due to flashes near a structure)

구조물 근처에서 발생하는 위험한 낙뢰의 예상 연평균 횟수

(3) 선로의 위험한 직격뢰 횟수(NL)
(number of dangerous events due to flashes to a line)

선로에 직접 발생하는 위험한 낙뢰의 예상 연평균 횟수

(4) 위험한 선로 근접뢰 횟수(NI)
(number of dangerous events due to flashes near a line)

위험한 선로 근접뢰의 예상 연평균 횟수

1.5 선로(line)

보호대상 구조물에 접속된 전력선 또는 통신선이 해당됩니다.

(1) 통신선(telecommunication lines)

전화선이나 데이터선과 같이 장비끼리 통신을 하기 위한 선로

(2) 전력선(power lines)

저압 또는 고압 선로와 같이 구조물의 전기 및 전자 기기에 전기에너지를 공급하는 선로

1.6 리스크(R)(risk)

보호대상 구조물의 전체 가치(사람과 설비)에서 뇌 방전으로 인해 발생할 수 있는 연간 평균손실 값(사람과 설비)

(1) 리스크요소(RX)(risk component)

손상의 원인과 유형에 따른 부분적인 리스크

(2) 허용리스크(RT)(tolerable risk)

보호대상 구조물에 대해서 허용할 수 있는 리스크의 최댓값

1.7 가스과 분진에 인한 위험장소 구분 (Hazardous Area Classification for Gas and Dusts)

전기공학에서는 가연성의 가스나 증기, 분진 등이 많이 존재하는 장소를 위험한 장소로 규정합니다. 아크나 기기 표면온도의 상승으로 폭발이나 화재나 발생할 수 있기 때문입니다. 따라서 이러한 환경에 설치하는 전기기기들은 특별하게 설계되어야 하고 시험

되어야 합니다. 이러한 위험 요소를 줄이기 위하여 가스나 먼지 등의 노출 정도에 따라 위험장소도 구분하며, 이를 분류하는 용어는 다음의 표 1과 같이 나라마다 다른 용어를 사용하고 있습니다.

표 1. 각국의 위험장소 분류

	지속적인 위험분위기	통상상태에서 간헐적 위험분위기	이상상태에서 위험분위기
IEC/유럽	Zone 0	Zone 1	Zone 2
미국	Division 1		Division2
한국/일본	0종 장소	1종 장소	2종 장소

(1) 가스에 의한 위험 장소 구분

가연성 가스가 폭발할 위험이 있는 농도에 도달할 우려가 있는 장소로 정의되며, Zone 0, Zone 1, Zone 2로 구분합니다.

① Zone 0(0종 장소)

공기와 가스, 증기 또는 분말 형태 인화성 물질의 혼합으로 구성되는 폭발성 주위공기가 연속적으로 또는 장기간 또는 주기적으로 존재하는 장소

② Zone 1(1종 장소)

공기와 가스, 증기 또는 분말 형태 인화성 물질의 혼합으로 구성되는 폭발성 주위공기가 정상운전 중 가끔 발생할 수 있는 장소

③ Zone 2(2종 장소)

공기와 가스, 증기 또는 분말 형태 인화성 물질의 혼합으로 구성되는 폭발성 주위공기가 정상운전 중 발생하지 않거나, 만일 발생하면 단기간만 지속하는 장소

가스에 의한 위험 장소를 구분하는 예로서 LPG 용

기 충전소를 예로서 들면 그림 1과 같이 저장탱크 내부는 0중 장소, 충전장·용기보관실과 같은 전폐 건물, 안전밸브 개구부 주위 및 피트 내 등은 1중 장소, 충전장 주위 반경 8m 이내와 지면이나 구조물로부터 높이 3m까지는 2중 장소로 구분합니다.

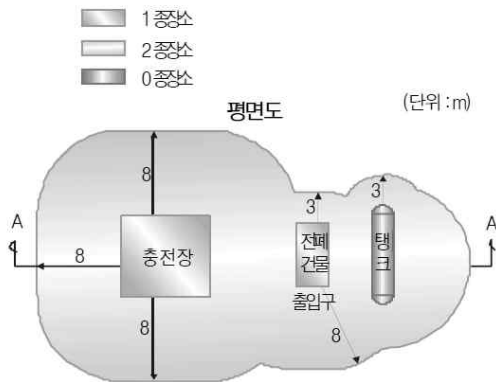


그림 1. 위험장소의 구분
(LPG충전소, 출처 : 가스안전, 2001)

(2) 분진에 의한 위험 장소 구분

공기 중에 가연성 분진이 구름 형태(분진 운)로 존재하고 이들이 폭발하여 큰 사고를 초래할 수 있다. 그림 2는 곡물을 나르는 엘리베이터 통로에서 구름 형태의 분진이 폭발함으로써 5명의 사상자가 발생한 사고현장을 보여주고 있습니다. 분진에 의한 위험장소는 Zone 20, Zone 21, Zone 22로 구분하며 이들의 정의는 다음과 같습니다.

① Zone 20

인화성 분진운의 폭발성 공기가 주위에 연속적으로 또는 긴 주기 또는 주기적으로 존재하는 장소

② Zone 21

인화성 분진운의 폭발성 공기가 주위에 정상운전 중 가끔 발생하는 장소

③ Zone 22

인화성 분진운의 폭발성 공기가 주위에 정상운전 중에는 발생하지 않거나 발생하더라도 단기간만 지속하는 장소



그림 2. 분진 운에 의한 곡물수송용 엘리베이터의 폭발 현장(미국, 1998, 출처 : wikipedia)

◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍(李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택연구원, 연구위원. 미래기술연구실 실장. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 81, MT 8 국제위원(Member). IEC TC 37/SC 37A/WG 3 & 4 국제위원(Member). IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내전문위원. 2013 APL(아시아태평양 피뢰 국제컨퍼런스) 조직위원장. APEI(아시아태평양 전기설비 국제컨퍼런스) 한국위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr



IEC 62305-2(낙뢰보호_리스크관리) 해설(2)

이기홍 <토지주택연구원 미래기술연구실장>

IEC 62305-2는 낙뢰로 인해 발생하는 위험 요소의 평가 절차를 제공하기 위한 표준입니다. 이번호에는 손상과 손실, 리스크와 리스크요소에 대하여 설명합니다.

1. 손상과 손실

1.1 손상(Damage)

손상(damage)이란 국어사전에서 물체가 깨지거나 상함, 병이 들거나 다침, 품질이 변하여 나빠짐, 명예나 체면, 가치 따위가 떨어짐 등으로 정의하고 있습니다.

낙뢰의 리스크평가에서는 손상을 감전에 의한 인축의 상해, 물리적 손상(physical damage), 전기전자시스템의 고장으로 그 유형을 구분합니다.

여기에서 물리적 손상이란 낙뢰의 기계적, 열적, 화학적, 폭발적인 영향에 의한 구조물(또는 내용물)의 손상을 말합니다.

이러한 손상의 기본적인 원인은 뇌전류이며 뇌격점은 뇌전류의 크기에 크게 영향을 미치므로 손상의 원인을 다음과 같이 뇌격점에 따라 4가지로 구분합니다.

<손상의 원인>

- S1 : 구조물 뇌격

- S2 : 구조물 근처 뇌격
- S3 : 선로 뇌격
- S4 : 선로 근처 뇌격

낙뢰에 의한 손상은 보호대상물의 특성에 따라 다르게 나타납니다. 중요한 특성으로서는 구조물의 형태, 내용물과 그 용도, 인입설비의 유형, 그리고 적용된 보호대책 등을 들 수 있습니다.

리스크평가에서는 낙뢰로 인해 발생하는 손상을 다음과 같이 세 개의 손상유형으로 구분합니다.

<손상의 유형>

- D1 : 감전에 의한 인축의 상해
- D2 : 물리적 손상
- D3 : 전기전자시스템의 고장

낙뢰로 인한 구조물의 손상은 구조물의 일부분으로 제한되거나 혹은 구조물 전체로 확장될 수가 있으며 그것은 주변 구조물 또는 환경(예를 들어 화학적이거나 방사능 물질의 방출가능 환경)을 포함할 수도 있습니다.

1.2 손실(Loss)

낙뢰로 인해 발생하는 손상의 각 유형은 그 손상 단독이거나 또는 다른 손상과 결합하여 보호대상물에 다양한 손실을 일으킵니다.

보호대상물이나 그 내용물의 특성에 따라 손실의

유형이 결정되며 리스크 평가에서는 다음과 같이 네 가지의 손실유형을 대상으로 합니다.

〈손실의 유형〉

- L1 : (영구적인 상해를 포함하는) 인명의 손실
- L2 : 공공서비스의 손실
- L3 : 문화유산의 손실
- L4 : 경제적 가치의 손실(구조물, 내용물 및 운영의 손실)

뇌격점에 따른 손상의 원인과 유형, 그리고 손실의 유형을 정리하여 나타내면 표 1과 같습니다.

표 1. 뇌격점에 따른 손상의 원인과 유형, 손실의 유형

손상의 원인	구조물	
	손상의 유형	손실의 유형
S1	D1	L1, L4 ^a
	D2	L1, L2, L3, L4
	D3	L1 ^b , L2, L4
S2	D3	L1 ^b , L2, L4
S3	D1	L1, L4 ^a
	D2	L1, L2, L3, L4
	D3	L1 ^b , L2, L4
S4	D3	L1 ^b , L2, L4

^a : 단지 동물의 피해에 의한 손실
^b : 폭발의 위험이 있는 구조물과 병원 또는 내부시스템의 고장이 즉시 인명에 위험이 되는 구조물에만 해당되는 손실

2. 리스크와 리스크요소

2.1 리스크(Risk)

리스크는 발생할 수 있는 평균 연간 손실의 상대적인 값이며 R로 표기합니다. 구조물에 나타날 수 있는 손실의 각 유형에 관련된 리스크를 평가하여야 하며 이들 리스크는 다음과 같이 구분할 수 있습니다.

〈리스크의 종류〉

- R₁ : (영구적인 상해를 포함하는) 인명 손실 리스크
- R₂ : 공공서비스 손실리스크
- R₃ : 문화유산 손실리스크
- R₄ : 경제적 가치의 손실리스크

리스크 R을 평가하기 위해서는 리스크에 관련된 리스크요소(손상의 원인과 유형에 따른 부분적 리스크)가 정의되고 계산되어야 합니다.

또한, 각 리스크 R은 이들 리스크요소의 합이며 리스크를 산출할 때 리스크요소를 손상의 원인 및 유형에 따라 그룹화할 수 있습니다.

2.2 리스크요소(Risk components)

2.2.1 구조물 뇌격에 의한 구조물 리스크요소

R_A : 구조물 내외부의 접촉전압과 보폭전압으로 인한 감전으로 발생하는 인축 손상에 관련된 요소

R_B : 위험한 접촉으로 생길 수 있는 물리적 손상에 관련된 리스크 요소

R_C : LEMP에 의해 발생하는 내부시스템의 고장에 관련된 리스크 요소

2.2.2 구조물 근처 뇌격에 의한 구조물의 리스크요소

R_M : LEMP에 의해서 발생하는 내부시스템의 고장에 관련된 리스크 요소

2.2.3 구조물에 접속된 선로 직격뢰에 의한 구조물의 리스크요소

R_U : 구조물 내부 접촉전압에 의한 감전으로 발생하는 생물체의 상해에 관련된 요소

R_V : 인입선로를 따라 전달된 뇌전류에 기인한 물리적 손상에 관련된 요소

R_W : 인입선에 유도되어 구조물로 전달된 과전압에 의해 발생된 내부시스템의 고장에 관련된 요소

2.2.4 구조물에 접속된 선로 근처 뇌격에 의한 구조물의 리스크요소

R_Z : 인입선에 유도되어 구조물로 전달된 과전압에 의해 발생된 내부시스템의 고장에 관련된 요소

2.3 리스크요소 구성

구조물에서 각 손실의 유형에 대해 고려되는 리스크요소를 정리하면 다음과 같습니다.

R_1 : 인명 손실리스크

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^{1)} + R_{M1} + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^{1)} + R_{Z1}^{1)}$$

R_2 : 공공서비스 손실리스크

$$R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2}$$

R_3 : 문화유산 손실리스크

$$R_3 = R_{B3} + R_{V3}$$

R_4 : 경제적 가치의 손실리스크

$$R_4 = R_{A4}^{2)} + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4} + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4}$$

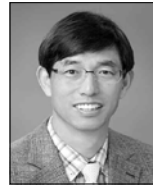
※ ¹⁾ : 단지 폭발의 위험이 있는 구조물과 생명구조를 위한 전기장치가 있는 병원 또는 내부시스템의 고장이 인명을 즉각적으로 위협하게 할 수 있는 구조물에 대한 것입니다.

²⁾ : 단지 동물의 피해로 인한 손실을 말합니다.

참 고 문 헌

- [1] KS C IEC 62305-2: 2012
(피뢰시스템 - 제2부 : 리스크관리)

◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍 (李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택연구원, 연구위원. 미래기술연구실 실장. 한국조명전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 81, MT 8 국제위원(Member). IEC TC 37/SC 37A/WG 3 & 4 국제위원(Member). IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내전문위원. 2013 APL(아시아태평양 피뢰 국제컨퍼런스) 조직위원장. APEI(아시아태평양 전기설비 국제컨퍼런스) 한국위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr



IEC 62305-2(낙뢰보호_리스크관리) 해설(3)

이기홍 <토지주택연구원 미래기술연구실장>

IEC 62305-2는 낙뢰로 인해 발생하는 위험 요소의 평가 절차를 제공하기 위한 표준입니다. 이번호에는 지난 호에서 소개한 손상과 손실, 리스크와 리스크요소에 이어 리스크 평가 전반에 대하여 설명합니다.

- 구조물 내에 있거나 외측으로부터 3m이내에 이르는 구역 내에 있는 사람.
- 구조물 손상으로 영향을 받는 환경

단 구조물 외측에 접속된 선로의 보호는 포함하지 않으며 평가대상 구조물은 몇 개의 구역으로 세분화도 됩니다.

1 리스크 관리

1.1 기본 절차

리스크관리는 다음과 같은 절차에 따라 수행합니다.

- ① 보호대상 구조물과 그의 특성에 대한 확인
- ② 모든 손실 유형의 리스크 $R(R_1 \sim R_4)$ 확인
- ③ 손실 유형별 리스크 R 평가
- ④ 허용리스크 R_T 와 리스크 R_1, R_2, R_3 의 비교하여 낙뢰보호의 필요성 유무 평가
- ⑤ 보호대책이 유무에 따른 총 손실비용과 보호비용의 효용성 평가

1.2 리스크 평가대상 구조물

평가대상 구조물은 다음의 것들을 포함합니다.

- 구조물 자체
- 구조물 내의 설비
- 구조물의 내용물

1.3 허용리스크 R_T

허용리스크의 값을 정하는 것은 판단권한을 갖는 기관의 책임이며, 대표적인 허용리스크 R_T 의 값은 다음과 같습니다.

표 1. 대표적인 허용리스크 R_T 값

손실의 유형		$R_T(1/\text{년})$
L ₁	인명손실 또는 영구상해	10^{-5}
L ₂	공공 서비스의 손실	10^{-3}
L ₃	문화유산의 손실	10^{-4}

1.4 낙뢰보호 필요성 평가 절차

보호대상 구조물을 낙뢰로부터 보호할 필요가 있는지를 평가하기 위해서는 우선 R_1, R_2, R_3 를 다음의 절차에 따라서 평가하여야 합니다.

- ① 리스크 구성요소 R_x 의 확인 및 계산

- ② 총 리스크 R의 계산
- ③ 리스크 R과 허용리스크 R_T 의 비교

만약 다음과 같이 계산된 총 리스크 R이 해당 허용 리스크 R_T 보다 작거나 같으면

$$R(\text{총 리스크}) \leq R_T(\text{허용리스크})$$

낙뢰보호대책은 필요하지 않습니다.

그러나 만약 다음과 같이 총 리스크 R이 허용리스크 R_T 보다 크면

$$R(\text{총 리스크}) > R_T(\text{허용리스크})$$

구조물에 발생할 수 있는 모든 리스크가 허용리스크보다 작거나 같아지도록 다양한 보호대책을 마련하여야 합니다.

그림 1은 이러한 낙뢰보호 필요성을 평가하기 위한 절차를 나타냅니다.

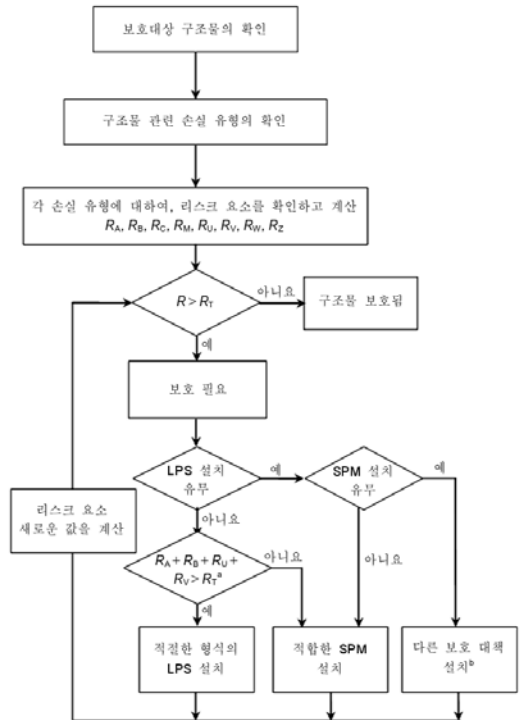


그림 1. 낙뢰보호 필요성의 판단과 보호대책을 선정하는 절차

1.5 보호대책 비용효과를 평가하는 절차

구조물에 대한 낙뢰보호대책의 필요성 외에도 경제적인 손실 L_4 를 줄이기 위해서는 보호대책을 설치하는 이점을 확인하는 절차가 필요합니다.

리스크요소 R_4 를 평가하면 사용자가 채택한 보호대책의 유무에 따라 수반되는 경제적 손실의 비용을 판단할 수 있습니다.

이와 같이 보호대책에 수반되는 비용효과를 확인하는 절차는 다음과 같습니다.

- ① C_L 의 계산
 - R_4 를 구성하는 R_x 의 확인
 - 신규/추가 보호대책이 없는 경우, 확인된 리스크요소 R_x 의 계산
 - 각 리스크요소 R_x 에 의한 손실의 연간 비용 계산

- 보호대책이 없을 경우 총 손실의 연간 비용 C_L 의 계산

② C_{RL} 의 계산

- 선정된 보호대책의 채택
- 리스크요소 R_x 의 계산
- 리스크요소 R_x 에 의한 잔류손실의 연간 비용 계산
- 잔류손실의 총 연간 비용 C_{RL} 의 계산

③ C_{PM} 의 계산

- 선정된 보호대책의 연간 비용 C_{PM} 의 계산

④ 비용의 비교

- $C_L < C_{RL} + C_{PM}$ 이면 피뢰비용 효과 없음.
- $C_L \geq C_{RL} + C_{PM}$ 이면 보호대책 효과 있음.

피뢰비용의 효과를 평가하는 절차를 도식적으로 나타내면 그림 2와 같습니다.

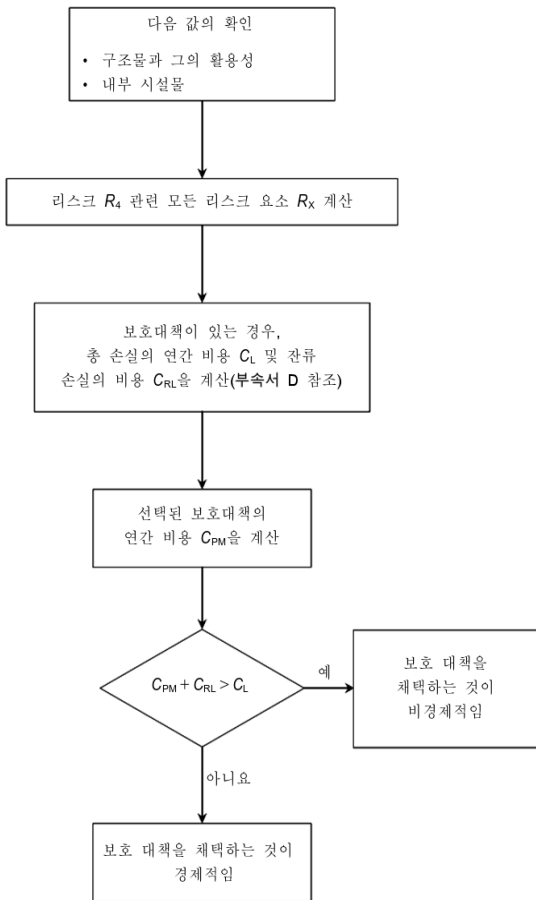


그림 2. 보호대책의 비용 효과를 평가하는 절차

2. 리스크요소의 평가

각 리스크 요소 Rx는 다음의 식과 같이 구할 수 있습니다.

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

- 단, N_x : 연간 위험한 사건의 횟수
- P_x : 구조물에 관련된 손상의 확률
- L_x : 간접손실

위험한 사건의 수 N_x 는 낙뢰밀도(N_G)와 보호대상물, 이의 주변 환경, 접속 선로 및 토양의 물리적 특성

의 영향을 받습니다.

손상의 확률 P_x 는 보호구조물, 접속선로 및 설치된 보호대책 특성의 영향을 받습니다.

간접손실 L_x 는 구조물의 사용, 사람의 모임, 공공에 제공되는 서비스의 유형, 손상에 영향을 받는 물품의 가치, 손실량을 제한하기 위해 설치된 대책의 영향을 받습니다.

또한 낙뢰로 인한 구조물의 손상이 주의 구조물 또는 환경(예, 화학적 또는 방사능 누출)을 포함할 때 결과적인 손실을 L_x 의 값에 더해야 합니다.

다양한 리스크 요소 R_x 들을 계산하기 위해서는 다양한 데이터가 확보되어야 합니다. 이러한 데이터는 기본적으로 국제표준을 그대로 번역하여 작성된 KS에서 제공하고 있지만 이들은 국내의 환경에 적합하지 않을 수도 있음을 고려하여야 합니다.

특히 연간 위험한 사건의 횟수 N_x 를 평가하기 위해서는 일반적으로 구조물의 물리적 특성에 대한 보정계수를 고려하여 낙뢰밀도 N_G 에 구조물의 등가 수리면적을 곱합니다. 이때 낙뢰밀도 N_G 는 연간 1km^2 당의 낙뢰수를 의미하는데, 이 값은 국내의 기상청이나 한국전력공사 전력연구원에서 제공하는 데이터를 활용하는 것이 바람직합니다.

3. 리스크 평가 소프트웨어

낙뢰의 리스크 평가는 매우 복잡하고 수준 높은 전문가의 기술적 능력이 요구되는 작업이기도 합니다.

따라서 이러한 작업을 좀 더 편리하게 할 수 있도록 간단한 소프트웨어가 제작되어 보급되어 왔습니다. 기존에는 이 리스크 평가 소프트웨어가 국제표준과 함께 제공되어 왔었지만, 최근에는 국제표준에서 제공하지 않습니다. 그림 3은 낙뢰 리스크평가 소프트웨어의 한 화면을 보여주고 있습니다.

Calculated Risks	Calculated Risk (R)	Tolerable Risk (R _T)	Direct Strike Risk (R _{di})	Indirect Strike Risk (R _{di})
Loss of Human Life	1,30E-04	1,00E-05	1,30E-04	0,00E+00
Loss of Essential Services	0,00E+00	1,00E-02	0,00E+00	0,00E+00
Loss of Cultural Heritage	0,00E+00	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00
Economic Loss	1,44E-03	1,00E-03	9,67E-04	4,39E-04

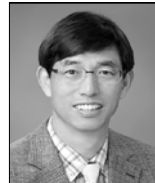
그림 3. 낙뢰 리스크 평가 소프트웨어

지금까지 낙뢰 리스크관리에 대하여 기본적인 내용을 중심으로 소개하였습니다. 좀 더 구체적인 내용은 KS C IEC 62305-2(2012)를 참조하시기 바랍니다.

참 고 문 헌

- (1) KS C IEC 62305-2: 2012
(피뢰시스템 - 제2부 : 리스크관리)

◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍 (李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택연구원, 연구위원. 미래기술연구실 실장. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 81, MT 8 국제위원 (Member). IEC TC 37/SC 37A/WG 3 & 4 국제위원 (Member). IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내전문위원. 2013 APL(아시아태평양 피뢰 국제컨퍼런스) 조직위원장. APEI(아시아태평양 전기설비 국제컨퍼런스) 한국위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr



IEC 62305-3(구조물의 물리적 손상 및 인명위험) 해설(1)

이기홍 <토지주택연구원 미래기술연구실장>

IEC 62305-3은 낙뢰로 인해 발생할 수 있는 구조물의 손상이나 인명 위함을 방지하기 위한 기술표준입니다. 이번 호부터는 IEC 62305-3을 해설하도록 하겠습니다.

1. 적용범위

이 표준은 다음과 같은 사항에 적용할 수 있습니다.

- ① 높이의 제한 없이 구조물을 보호하는 피뢰시스템의 설계, 시공, 검사 및 유지관리
 - ② 접촉전압과 보폭전압에 의한 사람과 가축의 상해에 대한 보호 대책의 확립
- 단 - 폭발성 물질을 취급하는 위험한 구조물을 보호하는 피뢰시스템은 특별요건으로 강화하고 있습니다.
- 과전압에 의한 전기전자시스템 고장을 방지하기 위한 표준은 KSC C IEC 62305-4에 규정하고 있습니다.
 - 풍력발전기의 낙뢰보호에 대한 표준은 IEC 61400-24로 규정하고 있습니다.

2. 용어정의

IEC 62305-3을 정확히 이해하는데 필요한 몇 가지 중요한 용어들에 대해서 해설합니다.

2.1 피뢰시스템

(lightning protection system)

낙뢰보호 또는 낙뢰대책(LP: Lightning Protection)은 그림 1과 같이 피뢰시스템(LPS: Lightning Protection System)과 서지 대책(SPM: Surge Protection Measure)으로 구분할 수 있습니다.

이중 피뢰시스템은 구조물에 발생하는 뇌격에 의한 물리적 손상을 최소화하기 위해 사용되는 모든 시스템으로서, 외부피뢰시스템과 내부피뢰시스템으로 구성됩니다. 또한 외부피뢰시스템(external lightning protection system)은 수뢰시스템, 인하도서 시스템, 접지시스템으로 구성되며, 내부피뢰시스템(intnal lightning protection system)은 피뢰 등전위본딩, 외부피뢰시스템과의 전기적 이격 또는 절연 등으로 구성됩니다.

반면에 과전압에 의한 전기전자시스템 고장을 방지

하기 위한 서지대책(SPM)은 서지보호장치(SPD)의 적용, 등전위본딩, 차폐 또는 선로의 경로 등으로 구성됩니다.

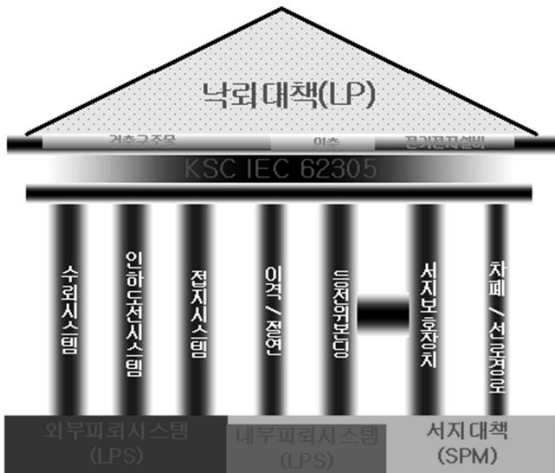


그림 1. 낙뢰대책의 구성

2.2 보호대상 구조물과 분리된 외부 LPS (external LPS isolated from the structure to be protected)

뇌전류의 경로가 보호대상 구조물과 접촉되지 않도록 배치된 수뢰부와 인하도선시스템으로 구성된 피뢰 시스템을 말합니다. 이는 낙뢰전류에 의해 화재가 발생할 가능성이 있는 지붕 (예를 들어 초가집)이 있는 건축물 등에는 보호대상 구조물과 분리하여 피뢰 시스템을 설치합니다. 그림 2는 구조물과 분리된 피뢰 시스템을 그림으로 설명한 개념도이며, 그림 4는 외부 피뢰시스템의 시공 사례입니다.

2.3 환상도체(ring conductor)

환상도체는 뇌전류의 균일한 분산을 위해 인하도선을 서로 접속할 수 있도록 구조물 둘레의 루프를 형성하는 도체를 말합니다. 구조물에 발생한 뇌전류가 시설되어 있는 여러 개의 인하도선에 골고루 분산되어

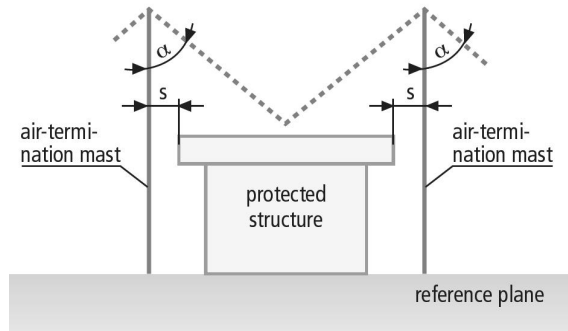


그림 2. 구조물과 분리된 외부 LPS 개념도



그림 3. 구조물과 분리된 외부 LPS 시공 사례

흐르면 자기적인 평형을 이루어 건물 내부에 유도현상이 작아지기 때문입니다.

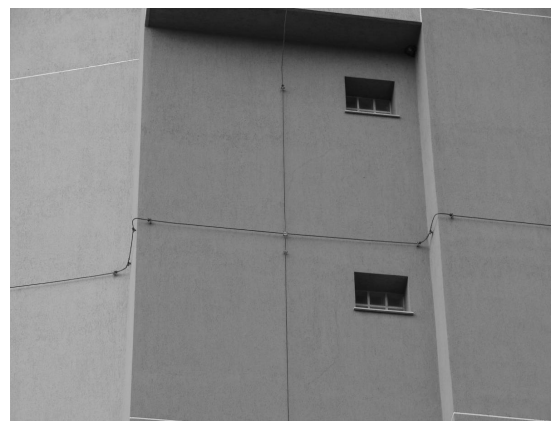


그림 4. 환상도체의 설치 사례(외국)

그러나 국내에서처럼 인하도선을 건물 구조체의 벽체 내부에 매입하는 경우에는 환상도체를 시설하기가 어렵습니다. 그림 4는 인하도선을 건물의 외벽에 설치하는 외국에서 환상도체를 설치한 사례입니다.

2.4 절연 방전갭

(ISG; isolating spark gap)

전기가 통하는 설치구역 상호 간을 절연시키기 위한 방전 갭을 갖춘 구성품으로서, 이중금속에 의한 부식방지 등에 주로 사용됩니다.

그림 5는 절연 방전갭의 설치 사례를 보여주고 있습니다.



그림 5. 절연방전갭의 설치 사례

2.5 본딩 바(bonding bar)

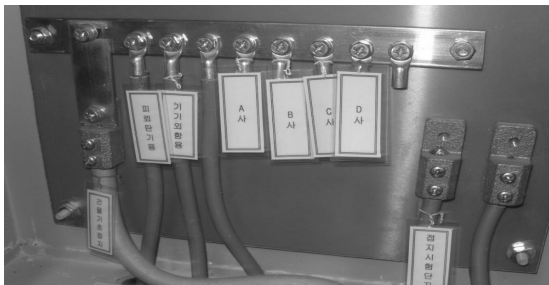


그림 6. 본딩바(=접지단자대)

금속제 설비, 외부도전부, 전선, 통신선 및 기타 케이블을 피뢰시스템에 전기적으로 접속할 수 있는 금속 바를 말합니다. 접지단자대와 같은 역할을 합니다. 따라서 본딩기능에 중점을 두어 명칭을 사용하면 본딩바이고 접지기능에 중점을 두어 명칭을 부여하면 접지단자대가 된다고 할 수 있습니다.

2.6 피뢰등전위본딩

(lightning equipotential bonding)

뇌 전류에 의해 발생하는 전위차를 감소시키기 위해 금속체는 도전체를 이용하고 전원선이나 통신선은 서지보호장치(SPD)를 매개로하여 피뢰시스템에 전기적으로 연결하는 것을 피뢰등전위본딩이라고 합니다. 그림 7은 피뢰등전위본딩 개념을 나타냅니다.

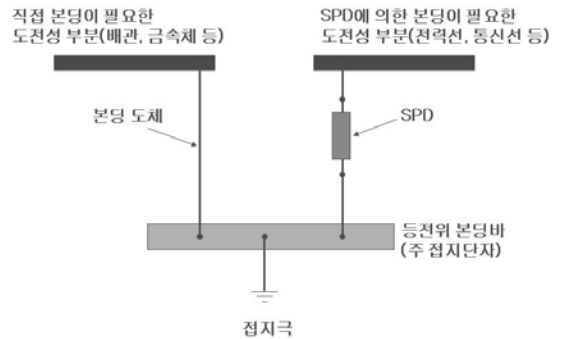


그림 7. 피뢰등전위본딩 개념

2.7 위험한 불꽃방전

(dangerous sparking)

낙뢰에 의해 보호대상 구조물에 물리적 손상을 일으키는 전기적 방전을 말합니다. 이러한 손상을 방지하기 위해서는 전기적으로 피뢰설비와 보호대상 구조물을 안전거리 이상으로 이격시키거나, 이격이 불가능할 경우에는 등전위본딩을 하여야 합니다.

그림 8은 위험한 불꽃방전에 의해 발생한 화재사례를 보여주고 있습니다.



그림 8. 낙뢰의 불꽃방전에 의한 화재 사례

2.8 피뢰시스템의 자연적 구성부재 (natural component of LPS)

건축자재나 기타 설비 중에서 피뢰의 목적으로 설치하지는 않았지만, 추가로 피뢰시스템으로 사용될 수 있거나 피뢰시스템의 기능을 제공할 수 있는 도전성 구성부재를 말합니다.

예를 들어 지붕 위에 설치된 도전성 자재는 자연적 수뢰부가 될 수 있으며, 건축 벽면에 설치되어 있는 금속사다리도 자연적 인하도록선으로 사용될 수 있습니다. 이러한 도전성 자재들을 자연적구성부재로 사용하고자 할 때는 금속 표면에 칠해져 있는 도색의 두께, 자재들 간의 접속 부분에서의 전기적 연속성 및 전자기계적 결합력 등을 고려해야 합니다.

그림 9는 국내의 아파트지붕에 많이 설치되고 있는 경량철골을 보여주고 있는데, 이러한 금속자재는 수뢰부의 피뢰도선으로 대응할 수 있는 자연적 구성부재의 좋은 사례입니다.

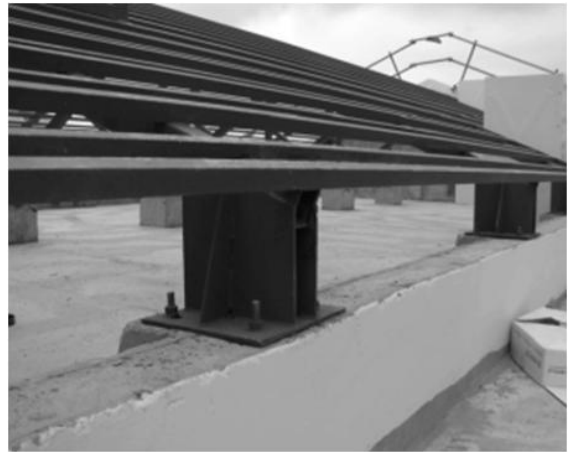


그림 9. 자연적 피뢰도선으로 사용 가능한 경량철골

참 고 문 헌

- [1] KS C IEC 62305-3: 2012
(피뢰시스템 - 제3부 : 구조물의 물리적 손상 및 인명위험)

◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍(李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택연구원, 연구위원. 미래기술연구실 실장. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 81, MT 8 국제위원(Member). IEC TC 37/SC 37A/WG 3 & 4 국제위원(Member). IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내전문위원. 2013 APL(아시아태평양 피뢰 국제컨퍼런스) 조직위원장. APEI(아시아태평양 전기설비 국제컨퍼런스) 한국위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr



IEC 62305-3(구조물의 물리적 손상 및 인명위험) 해설(2)

이기홍 <토지주택연구원 미래기술연구실장>

이번 호에서는 지난 호 IEC 62305-3(구조물의 물리적 손상 및 인명 위험)의 적용 범위 및 용어정의에 이어서 피뢰시스템(LPS)을 소개합니다.

1. 적용범위

2. 용어정의

3. 피뢰시스템 LPS (Lightning Protection System)

3.1 피뢰시스템의 등급

피뢰시스템의 보호성능은 보호하고자 하는 구조물의 특성과 피뢰레벨(LPL)에 따라 결정됩니다.

이러한 보호 성능에 따라 피뢰시스템은 다음의 표와 같이 네 개의 등급으로 구분되며 이는 피뢰레벨과 일치합니다.

피뢰시스템의 설계에서 피뢰시스템의 각 등급과 관계있는 데이터와 관계가 없는 데이터는 다음과 같이 요약할 수 있습니다.

피뢰레벨과 피뢰시스템 등급 사이의 관계

피뢰레벨(LPL)	피뢰시스템의 등급
I	I
II	II
III	III
IV	IV

3.1.1 피뢰시스템의 등급과 관계가 있는 데이터

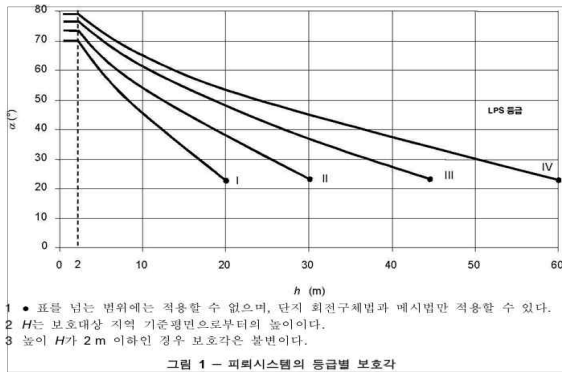
① 뇌격파라미터

최초 정극성 임펄스			피뢰레벨(LPL)			
전류파라미터	기호	단위	I	II	III	IV
피크전류	I	kA	200	150	100	
임펄스 전하	Q_{SHORT}	C	100	75	50	
비에너지	WR	MJ/Ω	10	5.6	2.5	
시간과라미터	T_1/T_2	μs/μs	10/350			
최초 부극성의 임펄스*			피뢰레벨(LPL)			
전류파라미터	기호	단위	I	II	III	IV
피크전류	I	kA	100	75	50	
평균기울기	d/dt	kA/μs	100	75	50	
시간과라미터	T_1/T_2	μs / μs	1/200			
후속 임펄스			피뢰레벨(LPL)			
전류파라미터	기호	단위	I	II	III	IV
피크전류	I	kA	50	37.5	25	
평균기울기	d/dt	kA/μs	200	150	100	
시간과라미터	T_1/T_2	μs / μs	0.25/100			
장시간 뇌격			피뢰레벨(LPL)			
전류파라미터	기호	단위	I	II	III	IV
장시간 뇌격 전하	Q_{LONG}	C	200	150	100	
시간과라미터	T_{LONG}	s	0.5			
뇌방전			피뢰레벨(LPL)			
전류파라미터	기호	단위	I	II	III	IV
뇌방전 전하	Q_{FLASH}	C	300	225	150	

* 이 전류파형의 사용은 계산에만 관련이 있고 시험과는 무관하다.

② 회전구체의 반지름, 메시의 크기 및 보호각

피뢰시스템의 등급	회전구체 반지름 r (m)	메시 치수 Wm (m)	보호각 α°
I	20	5×5	아래 그림1참조
II	30	10×10	
III	45	15×15	
IV	60	20×20	



③ 인하도선 사이 및 환상도체 사이의 최적거리

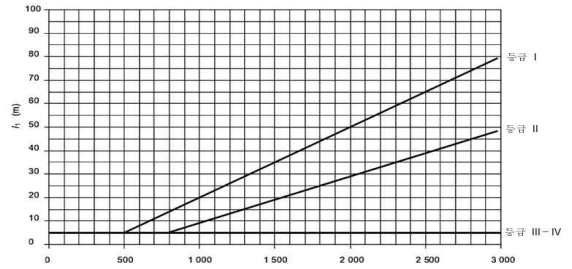
피뢰시스템의 등급	간격 (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

④ 위험한 불꽃방전에 대비한 이격거리

이격거리 산정에 필요한 계수(K_i)를 피뢰시스템 등급별로 차등 적용합니다.

피뢰시스템의 등급	K_i
I	0.08
II	0.06
III, IV	0.04

⑤ 접지극의 최소거리



3.1.2 피뢰시스템의 등급과 관계가 없는 데이터

피뢰시스템의 등급과 관계가 없는 데이터들은 다음과 같이 대부분 피뢰소재의 치수에 관한 것들입니다.

- ① 피뢰등전위분당
- ② 수뢰부시스템으로 사용되는 금속판과 금속관의 최소두께

피뢰시스템 레벨	재료	두께 ^a t mm	두께 ^b t' mm
I~IV	납	-	2.0
	강철(스테인리스, 아연도금강)	4	0.5
	티타늄	4	0.5
	동	5	0.5
	알루미늄	7	0.65
	아연	-	0.7

^a t는 관통을 방지한다.
^b t'는 단지 관통, 고온점 또는 발화의 방지가 중요하지 않은 경우의 금속판에 한정된다.

③ 피뢰시스템의 재료 및 사용조건

재료	사용			부식		
	대기 중	지중	콘크리트 중	내성	진행성	전해대상
구리	단선 연선	피복된 단선, 연선	피복된 단선, 연선	대부분의 환경에 양호	황화합물 유기물	-
용융아연도장 c.d.e	단선 연선 ^b	단선	단선 연선 ^b	대기 중, 콘크리트 중, 일반 토양 에 허용	높은 염화물 용액	구리
구리전착강	단선	단선	단선	대부분의 환경에 양호	황화합물	-
스테인리스강	단선 연선	단선 연선	단선 연선	대부분의 환경에 양호	높은 염화물 용액	-
알루미늄	단선 연선	부적합	부적합	낮은 농도의 유황 과 염화물의 대기 중에 양호	알칼리용액	구리
납 ^f	피복된 단선	피복된 단선	부적합	높은 농도의 황산 염의 대기 중에 양호	산성 토양	구리 스테인리스강

④ 수뢰부시스템, 인하도선, 접지극의 재료, 형상 및 최소치수

⑤ 접속도체의 최소치수

본딩 바 상호 또는 본딩 바를 접지극시스템에 접속하는 도체의 최소단면적		
피뢰등급	재료	단면적 (mm ²)
I ~ IV	구리	16
	알루미늄	25
	강철	50
내부 금속설비를 본딩 바에 접속하는 도체의 최소단면적		
피뢰등급	재료	단면적 (mm ²)
I ~ IV	구리	6
	알루미늄	10
	강철	16

3.2 피뢰시스템의 등급별 성능

피뢰시스템은 보호대상 인축에 발생할 상해 확률과 구조물 또는 설비에 손상이 발생할 확률로 등급별 성능이 구분됩니다. 이러한 등급별 성능을 경유별로 구분하여 나타내면 다음과 같습니다.

3.2.1 구조물 직격뢰로 인축의 상해가 발생할 확률 PA

구조물에 직격뢰가 발생하여 접촉전압이나 보폭전압에 의해 인축에 상해가 발생할 확률 PA는 다음과 같이 구조물에 설치된 피뢰시스템과 추가적인 보호 대책에 따라 그 값이 결정됩니다.

$$P_A = P_{TA} \times P_B$$

여기에서

P_{TA} : 접촉 및 보폭전압을 줄이기 위한 각종 보호 대책별 보호확률 또는 상해확률

P_B : 피뢰시스템별 보호확률 또는 손상 확률

3.2.2 구조물 직격뢰가 물리적 손상을 일으킬 확률 PB

물리적 손상을 저감하는 대책으로는 피뢰시스템(LPS)이 가장 효과적입니다. 피뢰시스템별 물리적 손상확률 PB는 피뢰등급의 함수로서 다음과 같습니다.

구조물 특성	LPS의 등급	PB
LPS가 없는 구조물	-	1
LPS가 설치된 구조물	IV	0.2
	III	0.1
	II	0.05
	I	0.02

즉, I 등급 피뢰시스템은 보호확률이 98%이고 2%는 손상이 발생할 수 있다는 것을 의미하며, IV 등급 피뢰시스템은 보호확률이 80%이며 20%는 손상이 발생할 수 있다는 것을 의미합니다.

3.3 피뢰시스템의 설계

구조물의 금속 부분을 피뢰시스템 일부로 이용할 수 있으므로, 피뢰시스템의 설계는 구조물의 설계와 동시에 이루어질 때 기술적, 경제적으로 최적의 피뢰시스템을 설계할 수 있습니다. 최적의 피뢰시스템을 설계하기 위해서는 구조물이나 보호대상물의 특성, 지리적 요건 등 다양한 요소를 고려하여 피뢰시스템의 등급과 위치를 결정하여 설계하여야 합니다.

또한, 완벽한 시공을 위하여 필요한 정보는 설계문서에 기술하여야 하며 이러한 설계 및 시공은 피뢰시스템의 전문가에 의해 이루어져야 합니다.

3.4 철근콘크리트(RC)조 구조물에서 철근구조체의 전기적 연속성

건축구조물의 구조체는 크게 철근콘크리트(RC)조

와 철골(S)조로 구분됩니다. 철근콘크리트조는 주골재가 콘크리트인데 철근으로 보강되었다는 의미이며 철골조는 주골재가 철골이라는 의미입니다.

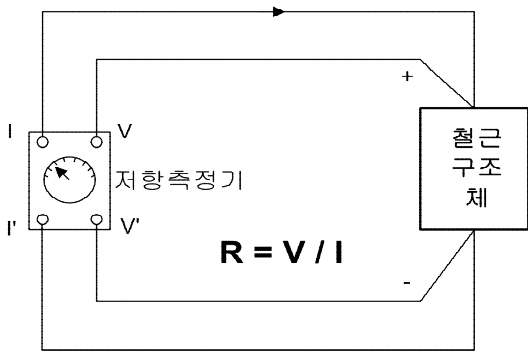
일반적으로 사무실 빌딩 등에 적용하는 철골조는 철강재들이 연속적으로 완벽하게 접속되므로 기계적이나 전기적으로 연속성이 뛰어납니다.

그러나 아파트 건물 등에 적용하는 철근콘크리트조는 수많은 철근을 겹쳐서 결속선으로 잇기 때문에 전기적으로 확실한 연속성을 확신할 수 없게 됩니다. 물론 굵은 철근들과 같이 용접이나 침쇠를 이용하여 접속하는 경우에는 전기적 연속성도 양호할 수 있지만, 일반적으로 철근들을 서로 겹쳐 결속선으로 접속하는 방법이 일반적인 접속방법이므로 전기적으로 연속성을 담보할 수 없게 됩니다.

따라서 철근콘크리트조를 피뢰설비(인하도선)로 활용하기 위해서는 수직바의 전기적 연속성을 최상부와 대지면 사이에서 전기적으로 측정하여 결정하여야 합니다.

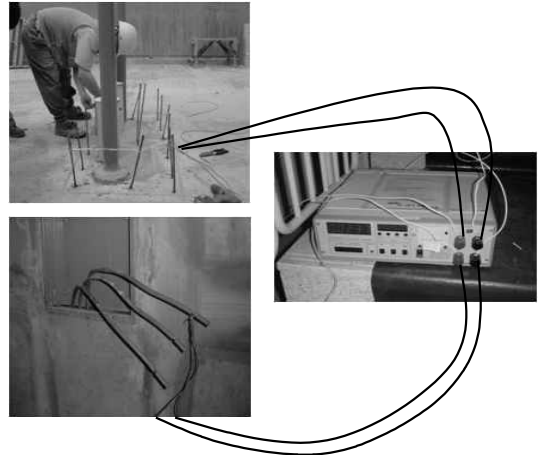
이러한 목적에 적합한 측정기로 측정된 구조물 철근구조체 전체 길이의 전기저항이 0.2Ω 이하가 될 때 철근구조체를 인하도선으로 사용할 수 있습니다.

전기저항측정전류를 아래의 그림과 같이 공급하고, 이때 철근구조체의 상단과 하단 사이에 발생하는 전압을 측정하면 철근구조체의 전기저항을 알 수가 있습니다.



철근구조체의 전기저항 측정법

건축물이 완공되면 철근구조체는 콘크리트 속에 모두 매설되므로 건물 시공과정에서 철근구조체의 전기저항을 측정할 수 있으며, 아래 그림은 국내의 아파트 공사현장에서 전기저항을 측정하는 모습을 보여주고 있습니다.



철근구조체의 전기저항 측정 모습

측정결과는 다음의 표와 같이 19층 이하의 철근구조체 전기저항은 0.05Ω 이하이므로 전기적 연속성을 담보할 수 있는 낮은 전기저항을 갖고 있는 것으로 나타났습니다. 그러나 전기저항 측정은 낙뢰전류에 비해 작은 전류로 측정하기 때문에 철근의 불확실한 접속 부분에서 큰 낙뢰전류에 의한 콘크리트의 파손이 우려되므로 추가적인 인하도선의 설치 등 다양한 조치와 함께 철근구조체를 인하도선으로 활용하여야 합니다.

철근구조체의 전기저항 측정 결과

층수	건축물 구조체의 크기 (m)			저항 (Ω)
	W	L	H	
11	26	12	31	0.02
10	25	13	29	0.02
13	47	12	37	0.03
14	47	12	40	0.05
19	34	12	32	0.04

참 고 문 헌

[1] KS C IEC 62305-1,2,3,4: 2012

◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍(李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택 연구원, 실장. 2014년~현재 토지주택대학교 겸임교수. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내 전문위원. 2013 APL(아시아태평양 피뢰 국제컨퍼런스) 조직위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr



IEC 62305-3(구조물의 물리적 손상 및 인명위험) 해설(3)

이기홍 <토지주택연구원 미래기술연구실장>

이번 호에서는 지난 호 IEC 62305-3(구조물의 물리적 손상 및 인명 위험)의 적용 범위, 용어 정의, 피뢰시스템에 이어 외부피뢰시스템에 대한 핵심적인 내용만을 선별하여 해설합니다.

1 적용범위

2 용어정의

3 피뢰시스템

4. 외부피뢰시스템

4.1 일반사항

외부피뢰시스템은 구조물에 발생하는 직격뢰를 포착하고 뇌전류를 구조물에서 대지로 흘려보내기 위하여 시설하는 시스템으로 수뢰시스템, 인하도록선시스템, 접지극시스템으로 구성된다. 외부피뢰시스템은 열적 또는 기계적 손상과 화재 및 폭발을 일으키는 위험한 불꽃방전이 발생하지 않도록 낙뢰전류를 대지로 방류시킬 수 있는 시스템이어야 한다.

일반적으로 외부피뢰시스템은 보호대상 구조물에 설치한다. 그러나 뇌전류에 의한 과열이나 폭발, 전자유도 등에 의해 구조물 또는 시설물이 손상될 우려가 있는 경우에는 구조물과 분리하여 외부피뢰시스템을 설치한다.

또한, 구조물의 철골이나 철근, 다른 금속 자재들을 피뢰시스템 일부로 사용할 수 있다.

4.2 수뢰부시스템

4.2.1 일반사항

수뢰부시스템은 돌침, 수평도체, 메시도체 또는 이들의 조합으로 구성된다.

그리고 모든 수뢰부시스템은 보호각법, 회전구체법, 메시법 등으로 산정된 보호범위를 만족하기 위하여 구조물의 모퉁이, 뾰족한 점, 모서리 등에 배치되어야 한다. 이러한 내용은 우수한 보호성능을 주장하는 다양한 새로운 수뢰부시스템도 국제표준(IEC)에서는 돌침, 수평도체, 메시도체 등과 같은 단순한 수뢰시스템으로밖에 인정하지 않고 있음을 의미한다.

그런데도 국내에서는 아직도 돌침과 같은 기존 돌침(conventional system)과는 다른 수뢰시스템(nonconventional system)들에 대한 논란이 있어

이에 대하여 자세하게 해설하고자 한다.

이러한 논란은 낙뢰보호에 대한 국제표준과 연구를 주도하고 있는 국제적 전문가들의 모임 ICLP(국제 낙뢰컨퍼런스)에서 새롭게 출시되고 있는 다양한 수뢰시스템들의 성능은 기존시스템의 성능보다 우수하지 않다는 것을 명백히 밝히고 있다. 특히 ICLP의 웹사이트(<http://www.iclp-centre.org>) 메인화면에는 그림 1과 같이 “ESE Issue”라는 주제가 있다.

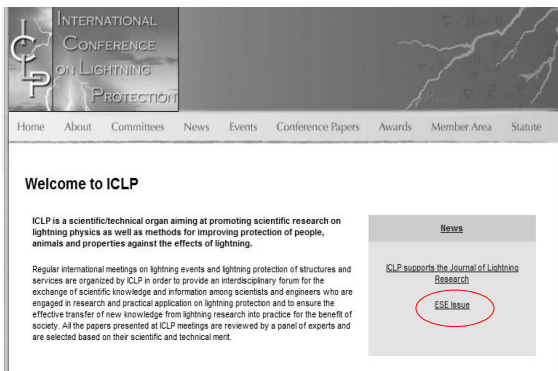


그림 1. ICLP 웹사이트 메인 화면

ESE Issue에는 7개의 관련 논문 및 글들이 게시되어 있는데 이들은 새로운 수뢰시스템들의 성능은 제조사들의 주장과는 다르게 돌침보다 우수하지 못하다는 것을 공표하고 있다. 특히 유만(M.A. Uman)과 라코브(V.R.Rakov)교수가 미국기상학회지인 BAMS에 투고한 논문¹⁾에서는 새로운 수뢰장치들의 허구성을 명확하게 설명하고 있다.

이 논문에서는 첫 페이지 상단에 그림 2와 같이 유명치리로 강조하면서까지 “낙뢰발생을 제거(lightning elimination)한다거나 선행방전(early streamer emission)한다는 기술들은 기존의 방식(돌침 등)에 비해 기술적으로 우수하다는 데이터나

이론이 전혀 없다”라고 명백히 밝히고 있다.

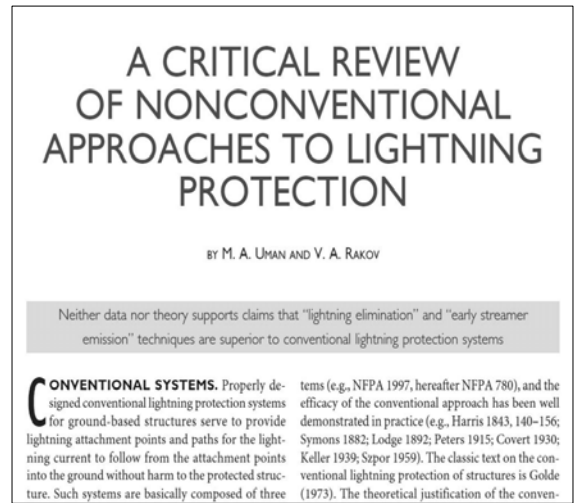


그림 2. 낙뢰발생 제거 또는 선행방전기술이 기존의 기술에 비해 우수하지 않다는 내용의 논문

이 논문에 의하면 새롭게 제시되고 있는 기술(nonconventional approaches)은 크게 “낙뢰발생 제거(lightning elimination 또는 CTS: charge transfer systems)기술”과 선행방전(ESE: early streamer emission)기술로 구분하고 있다.

특히 낙뢰제거기술은 기존 돌침이 낙뢰를 포착하는 개념인데 반하여 솔(브러쉬)모양의 가느다란 금속들에서 코로나 방전을 발생시킴으로써 낙뢰발생을 회피한다는 기술로서 일찍이 1754년 체코의 과학자 프로콥 디비쉬(Prokop Divisch)가 개발하였다.

이와 유사한 기술로 현재는 DAS(dissipation array system)나 CTS(charge transfer system) 등으로 상품화되어 출시되고 있다.

하지만 이러한 기술을 이용한 제품들은 방전량이 매우 미약해서 낙뢰를 방지하거나 회피하기에는 역부족이라는 것이 본 논문의 주장이다. 한 예로서 낙뢰발생을 방지하는데 필요한 5C(쿨롱)의 전하를 10초 안에 방사시키기 위해서는 약 5,000개의 낙뢰발생제거 피뢰침을 설치해야 함을 본 논문에서 제시하고 있다.

1) M.A. Uman and V.A. Rakov, “A Critical Review of Nonconventional Approaches to Lightning Protection”, BAMS, 2001,12.

이러한 주장은 낙뢰방지피뢰침을 설치한 국내의 아파트나 다른 건축물에서도 다수의 낙뢰피해가 발생하는 것으로 볼 때도 타당성이 있다고 판단된다.

한편, 선행방전기술(ESE)은 기존의 돌침과 같이 낙뢰를 포착한다는 개념에서는 같지만 뇌운에서 내려오는 하향리더에 맞서 피뢰침에서 발생하는 상향리더의 발생시간이 기존의 돌침보다 빨라서 낙뢰포착 능력이 우수하다는 것이 ESE 관계자들의 주장이다.

그러나 이러한 ESE 피뢰침도 다양한 현장과 실험실에서의 실험결과 기존의 돌침에 비해 우수한 성능이 거의 없거나 아예 없는 것으로 나타났다.

국내에서도 ESE피뢰침이 설치된 현장에서 낙뢰피해가 발생하고 있는 점을 고려할 때 ESE피뢰침의 특별한 우수성을 입증하기 어렵다.

따라서 이러한 이론적, 실증적 결과들을 바탕으로 국제표준(IEC)에서는 새로운 수뢰시스템들도 기존의 돌침과 같이 똑같은 위치에 설치하게 함으로써(즉, 돌침을 10개 설치하여야 할 경우 새로운 수뢰시스템들도 동일한 위치에 10개 설치해야 함) 우회적으로 이들의 성능이 돌침의 성능보다 우수하지 않다는 것을 보여주고 있다.

4.2.2 배 치

보호하고자 하는 구조물을 대상으로 보호각법, 회전구체법, 메시법 등으로 보호범위를 산정하고, 구조물의 모퉁이, 뾰족한 점, 모서리(용머리 등)에는 수뢰부시스템을 설치하여야 한다.

회전구체법은 모든 경우에 적용할 수 있다. 보호각법은 간단한 형상의 건물에 적용할 수 있으며, 돌침의 보호각도는 그림 3과 같이 피뢰시스템 등급별, 높이별로 차등 적용할 수 있다. 메시법은 보호대상 구조물이 평평한 경우에 적합하다. 회전구체 반지름, 메시 치수도 피뢰시스템의 등급별로 표 1과 같이 차등 적용한다.

표 1. 피뢰시스템 등급별 회전구체 반지름과 메시치수

피뢰시스템의 등급	회전구체 반지름 (m)	메시 치수(m)
I	20	5×5
II	30	10×10
III	45	15×15
IV	60	20×20

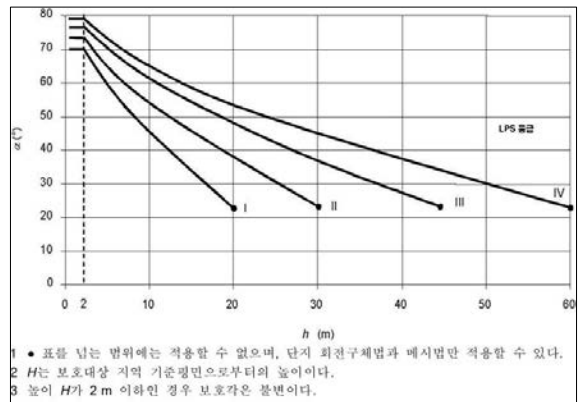


그림 3. 피뢰시스템등급별, 높이별 돌침의 보호각

4.2.3 높이 60m 이상 구조물의 측뢰에 대한 피뢰시스템

건물이 고층화되어 60m 이상이 되는 경우에는 건물의 측면에도 낙뢰가 발생할 수 있다. 이러한 낙뢰를 측뢰라 하며, 측뢰의 피해를 방지하기 위하여 60m를 초과하는 건물의 상층부는 그림 4와 같이 총 건축 높이의 20%에 해당하는 부분에 대하여 수뢰시스템을 설치하도록 하고 있다.

그러나 측뢰의 발생 확률은 매우 낮고 수뢰부를 건물의 측면에 설치하는 작업도 매우 어렵다. 따라서 일반적인 고층 건축물의 측뢰에 대비한 수뢰부를 설치하는 사례가 적은 것이 현실이다. 그러나 120m를 초과하는 초고층건물이거나 건물의 상층부 외벽에 낙뢰로부터 보호해야 할 설비들이 있는 경우에는 측벽에 수뢰부를 설치하여 낙뢰피해가 발생하지 않도록 하여야 한다.

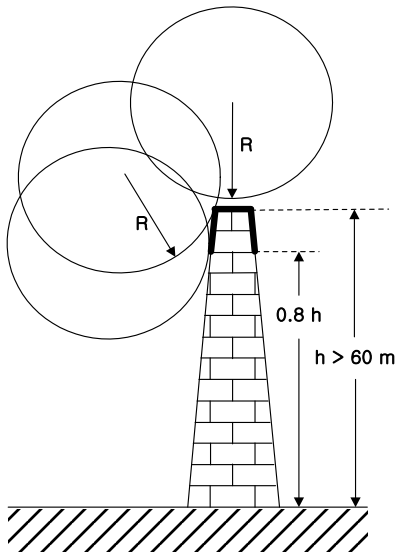


그림 4. 축뢰를 대비한 수뢰부 시스템 설치 높이

4.3 인하도선시스템

4.3.1 일반사항

인하도선시스템은 뇌격점과 대지사이를 전기적으로 연결하여, 뇌전류로 인해 발생할 수 있는 낙뢰 피해 확률을 감시시키기 위한 시스템이다. 인하도선시스템은 여러 개의 병렬 전류통로를 형성하도록 설치하여야 한다. 또한, 전류통로의 길이가 최소가 되도록 하여야 하며 구조물의 도전성 부분에는 등전위본딩을 실시하여야 한다.

특히 다수의 인하도선을 설치할 때 인하도선간의 이격거리와 위치 등은 기하학적 위치를 고려하여 설치함으로써 건물 내부의 전자유도 현상을 최소화시켜 낙뢰피해를 줄일 수 있다.

4.3.2 자연적 구성부재

전기적 연속성과 전자기계적 내구성을 갖는 대부분의 금속체는 인하도선으로 활용할 수 있다. 특히 철골 구조체나 금속 피사드(facade) 등은 인하도선으로 활용할 수 있는 대표적인 자연적구성부재이다. 그러

나 철근구조체를 인하도선으로 활용하기 위해서는 전기적연속성과 전자기계적 내구성에 대한 깊이 있는 고려가 필요하다. 연구결과²⁾ 그림 5와 같이 콘크리트의 철근의 접속점에 공극이 있는 상태에서 낙뢰전류가 흐르면 콘크리트가 파손되는 것으로 나타났다.

따라서 국내의 건축환경 및 건축문화에서 별도의 인하도선 없이 철근구조체만을 가지고 인하도선시스템을 구축하는 것은 구조적으로 위험한 것으로 판단되었다. 따라서 복수의 인하도선과 철근구조체를 병행하여 인하도선시스템을 구축하는 것이 바람직하다고 판단된다.

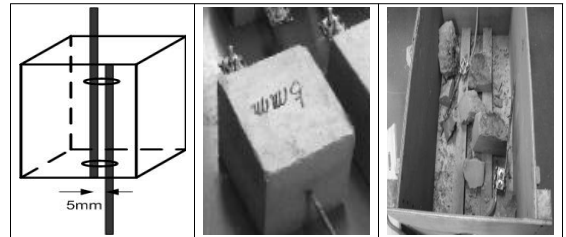


그림 5. 낙뢰전류에 의한 콘크리트 파괴 현상

4.4 접지극시스템

4.4.1 일반사항

접지극시스템에서는 위험한 과전압을 최소화하고 뇌전류를 대지로 원활하게 방류하도록 크기와 형상을 고려하여야 한다. 이를 위해서는 일반적으로 접지저항을 낮게(가능한 저주파수에서 10Ω 이하) 하는 것이 바람직하다.

접지극은 일반적으로 A형 접지극과 B형 접지극으로 구분된다, A형 접지극은 수평 또는 수직접지극을

2) Kihong Lee, Taiksueb Lee, "Experimental Verifications on the Electrical Continuity and Mechanical Strength for Impulse Current of the Steelwork", in Proceedings of the 7th APL, pp.901-905, Chengdo, China, November 1-4, 2011.

의미하며, B형 접지극은 지중에 설치된 환상도체 또는 기초 접지극을 의미한다.

A형 접지극의 배열은 두 개 이상이어야 하며 피뢰설비 등급별 접지극의 최소 길이는 그림 6과 같아야 한다. 이는 국제표준에서 계절별로 변동되는 접지저항 값보다는 접지극의 최소길이를 접지성능을 규정하고 있음을 보여주고 있다.

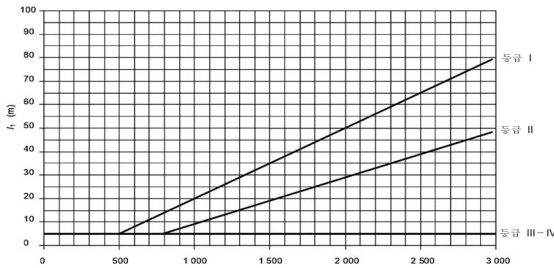


그림 6. 피뢰설비 등급별 접지극의 최소길이

4.4.2 접지극의 설치

건물의 수명이 늘어남에 따라 접지극의 수명도 건물 수명 이상으로 유지되어야 한다. 이를 위해서는 접지극의 부식 방지를 위해 다양한 요소를 고려하는 것이 필요하다.

특히, 서로 다른 재료를 사용한 접지극을 서로 접속하는 경우, 부식문제가 심각하게 발생할 수 있다.

따라서 사용하는 접지극의 재료를 충분히 검토하여야 한다. 또한, 접지극이 사용되는 환경, 예를 들어 공기 중, 지중, 콘크리트 속 등은 접지극의 부식에 미치는 영향은 서로 다르다는 점을 고려하여야 한다. 특히 지중에 접지극을 설치하면 지하수의 성분에 따라 접지극의 부식에 크게 영향을 미칠 수 있으므로 환경적으로 부식측면에서 안정된 콘크리트속에 접지극을 매설하는 기초접지극이 접지극의 수명유지에 유리하다.

참 고 문 헌

(1) KS C IEC 62305-1,2,3,4: 2012

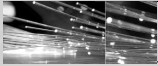
◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍(李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택연구원, 실장. 2014년~현재 토지주택대학교 겸임교수. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내전문위원. 2013 APL(아시아태평양 피뢰 국제컨퍼런스) 조직위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr



IEC 62305-3(구조물의 물리적 손상 및 인명위험) 해설(4)

이기홍 <토지주택연구원 미래기술연구실장>

이번 호에서는 지난 호 IEC 62305-3(구조물의 물리적 손상 및 인명 위험)의 적용 범위, 용어 정의, 피뢰시스템, 외부피뢰시스템에 이어 내부 피뢰시스템 등에 대한 핵심적인 내용만을 선별하여 해설합니다.

1. 적용범위

2. 용어정의

3. 피뢰시스템

4. 외부피뢰시스템

5. 내부피뢰시스템

5.1 일반사항

내부피뢰시스템은 외부피뢰시스템(특히 인하도선)이나 피보호구조물의 도전성 부분을 통하여 흐르는 뇌전류에 의해 구조물의 내부에 위험한 불꽃방전이 발생하는 것을 방지하기 위한 시스템이다.

불꽃방전은 외부피뢰시스템과 금속제설비, 내부시스템, 외부 도전성 부분이나 선로 사이에서 발생할 수 있다.

이러한 불꽃방전은 폭발위험이 있는 장소에서는 특히 위험하므로 추가적이 보호대책 등이 요구된다.

불꽃방전을 방지하기 위한 기술로서는 피뢰등전위본딩, 전기적 절연이나 이격 등의 기술이 필요하다.

5.2 피뢰등전위본딩

5.2.1 일반사항

피뢰등전위본딩은 다음과 같은 시스템을 서로 전기적으로 접속하는 것이다.

- 금속제 설비(금속제 각종 배관 등)
- 내부시스템(전기전자 시스템 등)
- 구조물에 접속된 외부 도전성부분이나 선로(통신 선로 등)

피뢰등전위본딩을 내부시스템에 시설할 때에는 뇌전류 일부가 내부시스템에 흘러서 내부시스템의 고장이나 손상을 일으킬 수 있으므로 뇌전류에 대한 영향을 고려하여야 한다.

피뢰등전위본딩을 하는 방법으로는

① 본딩도체의 사용

: 자연적 구성부재를 통한 본딩만으로는 전기적 연속성이 확보되지 않는 경우

② 서지보호장치(SPD)의 사용

: 본딩도체로 직접 접속할 수 없는 장소의 경우, 예를 들어 전원선과 접지, 통신선과 접지 등

③ 절연방전갭(ISG)의 사용

: 본딩도체로 직접 접속할 수 없는 장소의 경우, 예를 들어 이중금속부식이 우려되는 곳.

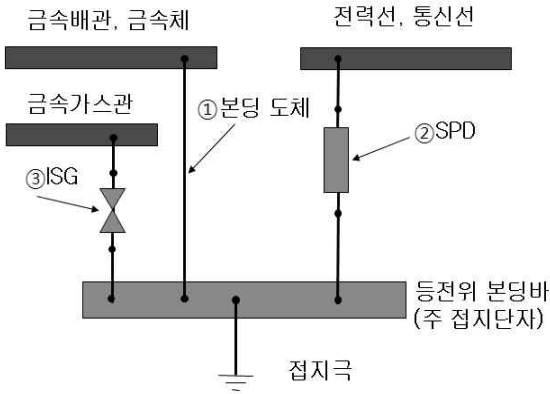


그림 1. 피뢰등전위본딩을 하는 방법

그러나 불꽃방전을 방지하기 위한 피뢰등전위본딩 기술과 상반되는 요구 사항이 있는 경우가 있으므로 관련 기술자나 관계기관들과 협의를 하여야 한다.

예를 들어 통신설비에 적용하는 SPD에 의해 통신 기능이 저해 받을 수도 있고 가스배관과 다른 금속을 본딩함으로써 부식전류가 흘러서 가스배관을 부식시킬 수가 있다. 따라서 이러한 상충된 요구사항을 서로 부합시킬 수 있는 합의점을 찾아서 피뢰등전위본딩을 하여야 한다.

또한 피뢰등전위본딩은 감전보호용 등전위본딩이나 통신용 등전위본딩과도 서로 그 기능이 협조 되도록 고려하여야 한다.

5.2.2 금속제 설비에 대한 피뢰등전위본딩

피보호구조물에 접속된 외부피뢰시스템의 경우, 피뢰등전위본딩을 시설해야 하는 장소는 다음과 같다.

- 지하(기초)부분이나 지표면 부근의 장소
- 절연 요구조건이 충족되지 않는 장소

그림 2는 금속제설비에 대한 피뢰등전위본딩 사례를 보여주고 있다.



그림 2. 금속제 설비에 대한 피뢰등전위본딩 사례

피뢰등전위본딩은 적절한 굵기의 본딩선을 최대한 똑바르고 곧게 연결하여 전위차를 최소화시켜야 한다.

특히 건축물 구조체를 인하도선의 일부로 활용할 경우에는 뇌전류가 구조물에 흐를 때 발생할 수 있는 문제점들을 고려하여 시설하여야 한다.

또한, 금속가스배관 등은 가스공급자의 동의를 얻어 적합한 동작조건을 가진 절연방전갭(ISG)를 사용하여 등전위본딩을 하여야 한다.

이중금속을 서로 등전위본딩할때에도 부식방지를 위하여 절연방전갭을 사용하여야 하며 이러한 사례를 그림 3에서 보여 주고 있다.



그림 3. 방전갯을 이용한 피뢰등전위본딩 사례

5.2.3 외부 도전부에 대한 피뢰등전위본딩

외부 도전부에 대한 등전위본딩은 가능한 피보호 구조물의 인입점 가까이에서 실시한다.

그림 4는 건축물에 인입되는 각종 급수 및 급탕용의 금속관 배관을 등전위본딩한 사례이다.

등전위본딩선은 흐르는 뇌전류에 충분히 견딜 수 있는 굵기의 전선을 사용하여야 하며, 서로 다른 금속체를 전기적으로 접속하면서 이종금속부식이 발생할 우려가 있으면 방전갯(ISG)을 사용하여 등전위본딩을 하여야 한다.



그림 4. 외부도전부에 대한 피뢰등전위본딩 사례

5.2.4 통신시스템에 대한 피뢰등전위본딩

통신시스템에는 서지보호장치(SPD)를 사용하여 피뢰등전위본딩을 하여야 한다. 통신시스템에 SPD

를 설치하면 통신시스템의 기능에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 통신시스템의 특성을 정확히 파악하여 SPD의 특성과 조합을 이룰 수 있도록 SPD의 제품 성능을 충분히 고려하여야 한다.

그림 5는 통신시스템에 SPD를 적용한 사례를 보여주고 있다.



그림 5. 통신시스템에 SPD를 적용한 사례

6. 접촉전압과 보폭전압에 의한 인축의 상해에 대한 보호대책

피뢰시스템을 설계하고 시설하였더라도 상해가 발생할 수 있다. 그러나 다음의 조건 중 하나를 만족하면 위험성은 허용레벨 이하로 낮아지게 된다.

- a) 인하도선으로부터 3m 이내에 사람이 없을 것
- b) 최소한 10개 이상의 인하도선 시스템을 갖출 것
- c) 인하도선에서 3m 이내에서 지표층의 접촉저항은 적어도 100 kΩ 이상일 것

만약에 위의 조건 중을 하나도 만족하지 못하면 접촉전압과 보폭전압에 대하여 다음과 같은 보호대책을 강구하여야 한다.

- 노출 인하도선을 절연(예, 최소 3mm 이상의 두께의 가교폴리에틸렌)
- 인하도선에 접촉하지 못하도록 물리적으로 제한

하거나 경고문 게시

- 메시접지시스템을 이용한 등전위화

7. 피뢰시스템의 검사 및 유지관리

피뢰시스템의 효과는 그 자체의 설치, 유지관리 및 시험방법에 따라 달라진다.

따라서 주기적인 검사와 함께 피뢰설비의 성능을 유지할 수 있도록 유지관리에 노력하여야 한다.

피뢰시스템의 검사에서는

- a) 피뢰시스템의 설계 및 시공의 적합성 여부
- b) 부식 발생이나 기능상의 문제 유무 확인
- c) 추가된 설비 또는 구조물에 대한 피뢰시스템 적합성 여부 등을 확인하여야 한다.

피뢰시스템의 검사에서는

- 구조물의 건설 중에 매설 접지극을 확인하는 검사
- 피뢰시스템 시공 완료 후의 검사
- 일정한 주기에 의한 정기적 검사 등을 실시하여야 한다.

참 고 문 헌

- [1] KS C IEC 62305-1,2,3,4: 2012

◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍 (李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택연구원, 실장. 2014년~현재 토지주택대학교 겸임교수. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내전문위원. 2013 APL(아시아태평양 피뢰 국제컨퍼런스) 조직위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr



IEC 62305-4(구조물 내부의 전기전자시스템) 해설

이기홍 <토지주택연구원 미래기술연구실장>

이번 호에서는 피뢰시스템 IEC 62305-4(구조물 내부의 전기전자시스템)에서의 SPM에 대하여 해설합니다.

한편, 2011년부터 지금까지 5년 동안 연재해 오던 국제전기기술(IEC) 해설은 이번 호를 마지막으로 마감하고자 합니다.

그동안의 관심과 격려에 감사드립니다.

1 용어정의

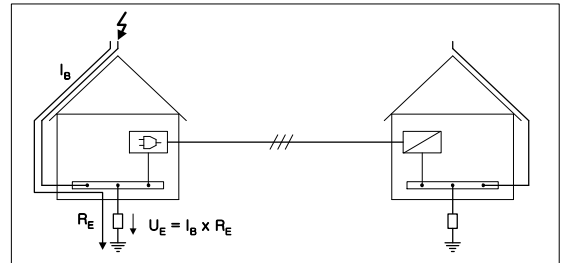
- 뇌전자기임펄스(lightning electromagnetic impulse, LEMP)

서지 및 방사상 전자계를 발생시키는 저항성, 유도성 및 용량성 결합을 통한 것으로 뇌전류에 의한 모든 전자기 영향을 말합니다.

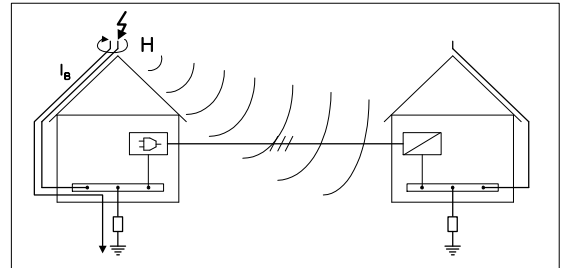
건물에 낙뢰가 발생하였을 때 저항성, 유도성 및 용량성 결합을 통한 전자기 영향을 도식적으로 설명하면 그림 1과 같습니다.

- 서지(surge)

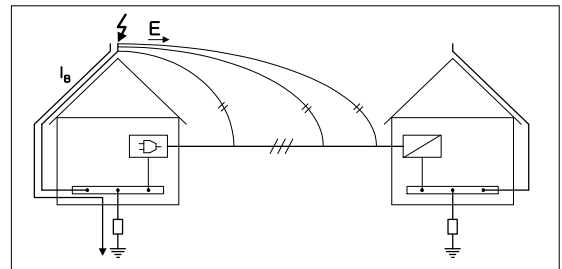
과전압 및/또는 과전류로서 나타나는 뇌전자기 임펄스(LEMP)에 의해 발생하는 과도현상입니다.



(a) 저항성 결합



(b) 유도성 결합(자계 H)



(c) 용량성 결합(전계 E)

그림 1. 뇌전류에 의한 전자기 영향 종류

- LEMP방호대책(LEMP protection measures, SPM)

LEMP의 영향으로부터 내부시스템을 보호하기 위한 대책을 말하며 SPM이라고도 합니다.

따라서 SPM은 뇌전류에 의한 서지 및 방사상 전자계를 통한 전자기 영향으로부터 내부시스템을 보호하기 위한 제반 조치를 말합니다.

이러한 조치(SPM)들로서는

- 공간차폐
- 분당망
- 접지극시스템
- 선로차폐와 경로
- 인입설비의 차폐
- 협조된 SPD시스템

등이 있습니다.

2. SPM의 설계 및 시공

SPM의 설계는 복잡하고 어려운 기술이므로 EMC에 대한 폭넓은 지식과 시공 경험이 풍부한 낙뢰 및 서지보호전문가가 수행하여야 합니다. SPM은 피뢰 보호구역(LPZ: Lightning Protection Zone)의 개념을 기본으로 하고 있습니다. 보호대상 시스템을 포함한 영역을 LPZ로 구분하여야 하는데, 이 구역은 이론상 LEMP 위험성이 둘러싸인 내부시스템의 내량과 양립되는 공간부분(또는 내부시스템)으로 지정됩니다. SPM의 일반적인 설계 및 시공 중에서 주요한 내용만 정리하면 다음과 같습니다.

- 제반 공간차폐물과 협조된 SPD시스템은 자체와 서지를 낮은 수준으로 낮출 수 있으므로 방사상 전자계와 전도성 서지로부터 전기·전자기기를 보호할 수 있습니다.

그림 3은 공간차폐물과 협조된 SPD시스템을 이용한 SPM의 설계사례를 보여주고 있습니다.

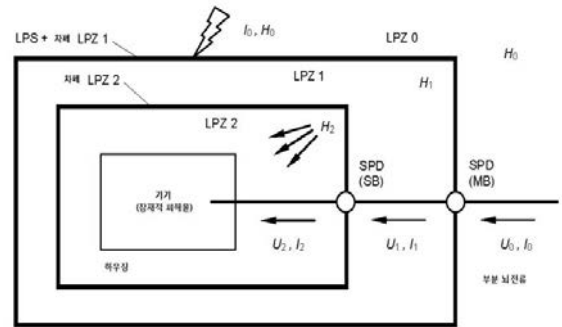


그림 3. 공간차폐물과 협조된 SPD시스템을 이용한 SPM ($U_2 \ll U_0$, $I_2 \ll I_0$, $H_2 \ll H_0$)

- 기기의 외함에 접속된 차폐선을 이용한 SPM은 방사상 전자계로부터 전기·전자기기를 보호하며, LPZ1 입구의 SPD는 전도성 서지에 대하여 전기·전자기기를 보호합니다. 그림 4는 내부선 차폐물과 입구에 설치된 SPD로 구성된 SPM 사례를 보여주고 있습니다.

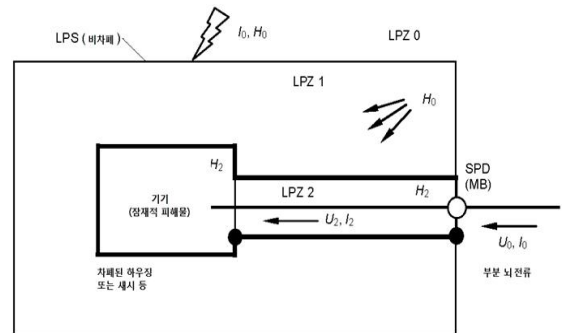


그림 4. 내부선 차폐물과 입구의 SPD를 이용한 SPM ($U_2 \ll U_0$, $I_2 \ll I_0$, $H_2 \ll H_0$)

- SPD는 단지 전도성 서지에 대해서만 전기·전자기기를 보호하기 때문에 협조된 SPD를 이용하는 SPM은 방사상 전자계에 민감하지 않은 전기·전자기기의 보호에 적합합니다. 협조된 SPD시스템은 위험한 서지 레벨을 더 낮출 수 있습니다.
- SPM의 시공단계에서는 설계도면에서 제시한

사항을 정확히 구현하였는지, 목적하는 기능을 달성할 수 있는지 확인하는 절차를 거쳐 최종적으로 문서로 만드는 노력이 필요합니다.

- 기존 구조물에서는 구조적 특성과 환경 등으로 이상적인 SPM을 구현하는 것이 불가능할 수도 있습니다. 따라서 기존 구조물에서는 그 구조물의 구조와 상태 그리고 설치된 전기·전자시스템에 맞게 SPM을 설계하고 시공하는 것이 필요합니다. 특히 낙뢰보호구역(LPZ)개념과 접지, 본딩, 선로경로와 차폐에 대한 체계적인 계획이 이루어지도록 하여야 합니다. 그림 5는 기존 건물에서의 SPM 설계 절차를 보여주고 있습니다.

구현하기 위해서는 건물의 설계 단계에서부터 SPM의 설계가 이루어지도록 해야 합니다. 이는 구조물의 부재를 SPM에 이용할 수 있으며 케이블 배치와 기기 위치에 대한 최적 조건의 선택이 가능하기 때문입니다.

그러나 기존 구조물에 SPM을 시설하는 경우는 일반적으로 그 비용이 신축 구조건물에서보다 더 많이 들 수 있습니다. 따라서 LPZ의 적절한 선정과 기존 시설의 이용 등을 통해 투자비용을 최소화하는 노력이 필요합니다.

한편, SPM의 검사는 기술문서의 점검과 육안검사, 시험 측정 등을 통하여 정기적으로 검사하여야 합니다. 검사 후에 확인된 모든 결함은 곧바로 수정해야 하며 필요하다면 관련 문서도 수정하여 체계적으로 관리하여야 합니다.

참 고 문 헌

[1] KS C IEC 62305-1,2,3,4: 2012.

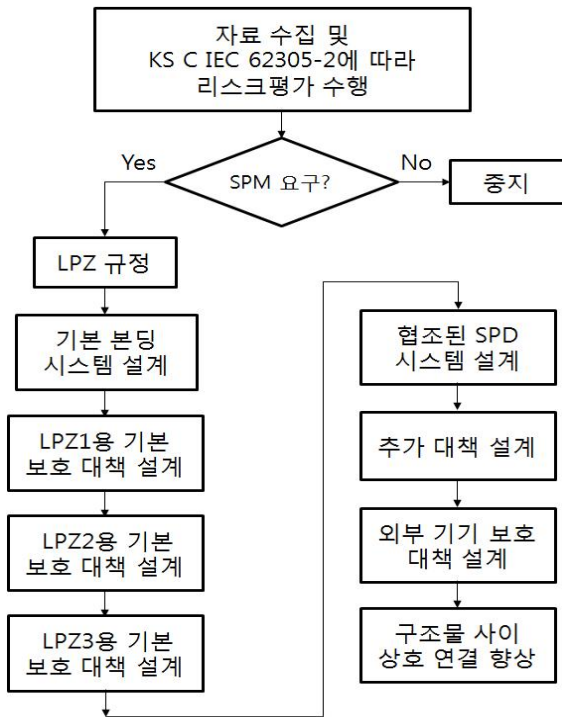


그림 5. 기존 구조물에서의 SPM 설계 절차

◇ 저 자 소 개 ◇



이기홍(李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택 연구원, 실장. 2014년~현재 토지주택대학교 겸임교수. 한국조명·전기설비학회 국제이사, 편수위원. IEC TC 37 국내전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내 전문위원. 2013 APL(아시아태평양 피뢰 국제컨퍼런스) 조직위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr

3. SPM 관리

경제성과 효율성을 동시에 추구하는 보호시스템을