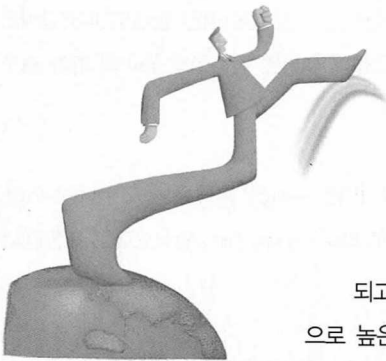


낙뢰 피해의 예방과 ESE피뢰침 I

글 : 김동진 ■ 건축전기설비기술사

- 정보통신 기술협회(TTA) 접지기술 전문위원
- 한국 전기학회 전기설비부분 기술위원
- 전기사랑 실천연합(NGO) 전문 기술위원
- 환경관리공단 설계자문 위원



1. 서 론

근대의 산업개발로 환경은 오염되고 오존층의 파괴 등으로 인한 지구의 온난화로 기상이변이 속출되고 있으며 그 피해 또한 점점 대형화되고 있다. 매년 발생하는 낙뢰의 빈도수도 점차 증가되고 있고 이로 인한 낙뢰의 피해사례 또한 영상 및 인터넷 매체를 통하여 우리는 자주 접하고 있다. 산업기술의 발달과 건축물의 시대적 배경으로 인하여 첨단화, 고층화, 복합 대형화 되면서 낙뢰사고로 인한 피해가 확산되고 있는 실정이며 이에 대한 인식도 점진적으로 변화하고 있다. 이로 인하여 국내외적으로 높은 관심을 끌고 있으며 사용이 급증되고 있는 광역피뢰침(ESE)의 올바른 설계방법 및 적용시 고려돼야 할 사항들을 알아볼 필요성이 느껴진다. 또한 유럽의 신기술, 신개념으로 낙뢰보호형 설비로서 사용되어진 광역보호형 ESE피뢰침은 지난 30년간의 기술 진보로 점차 발전되어 현재에 이르렀다. 따라서 우리는 그 기술 확보 및 습득을 통하여 보다 나은 기술의 개발을 위해 많은 관심을 기울여야 할 때이다. 이에 따라 그 기술과 배경에 대해 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 낙뢰의 메카니즘

2.1.1 일반적 사항

뇌운이 형성되어 낙뢰가 되기 위한 분위기가 고조되면 뇌운과 대지사이에 5 ~ 30 KV/m 이상의 대지전계강도가 형성되며, 정전유도 현상이 발생된다. 이때 돌침 (Air Terminal, Sharp point) 부분에는 전계가 밀집되고 높은 대지전계강도에 의해 공기 입자의 충돌현상이 빈번해 지면서 전리현상(Ionization)이 발생된다.

Sharp point 부분에 모인 이온들은 점점 그 밀도가 높아지면서 부분적으로 코로나 효과가 발생 되어진다. 뇌운의 극성(양극성, 음극성)에 따라 양극성 뇌운이면 돌침에 음이온화가 발생되고 음극성 뇌운은 돌침에 양이온화가 뇌운에서 내려오는 하향리



더를 향해 방사된다. 이러한 현상을 스트리머, 상향리더, Wave Train 등으로 표현하며 이런 스트리머가 하향리더와 접촉되어 하나의 도전로를 만들면서 뇌격전류가 대지로 방류되는 것이다. 따라서 자연 상태에서 모든 물체에서는 스트리머가 방사 될 수 있으며 이를 효율적으로 사용하기 위한 피뢰침이 필요한 것이다.

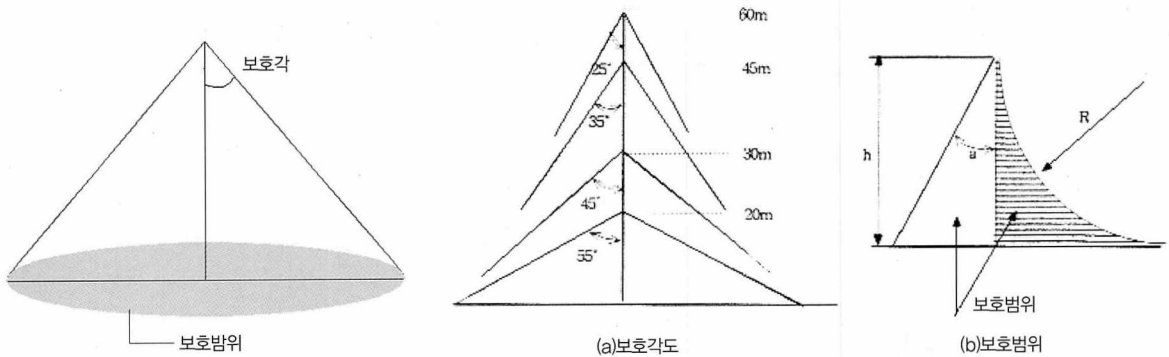
2.2 보호의 개념

피뢰방식은 건축물의 낙뢰 피해를 방지하기 위해 계획된 돌침등을 세우는 보호방식이며 피뢰침의 명칭은 낙뢰를 유도한다는 의미에서 유뢰침, 건축물을 방호한다고 해서 방뢰침 등으로 불리기도 한다.

2.2.1 보호설비

피뢰 보호설비에는 수직돌침식, 수평도체식, Faraday cage방식 등이 있으며 수직돌침식은 가장 일반적인 형태의 피뢰방식으로 원뿔 형태 내부를 보호공간으로 하며 보호각도에 따라 보호범위가 변한다. IEC 61024에 의하면 건축물의 높이에 따라 보호각이 변화된다.

수평도체식은 옴마루에 수평도체를 이격 설치하여 돌침이 보호하지 못하는 건축물 측면 모서리 등을 보호하는 방식이다. Faraday Cage 방식은 건축물 외부를 새장형태처럼 둘러싸아서 그 내부를 보호공간으로 하며 Mesh Cage방식으로도 표현된다.



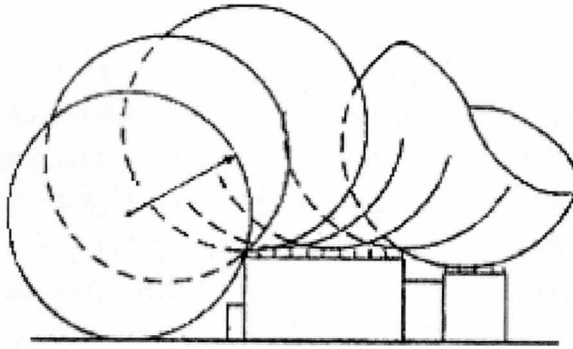
[그림1] 보호각에 따른 보호범위

[그림2] IEC 61024에 의한 높이별 보호각

2.2.2 보호이론

현재 적용되고 있는 보호이론에는 회전구체법, 포집공간법, 방산배치법 등이 있으며 이중에서 회전구체법(Rolling Sphere Method)이 국제적으로 가장 널리 이용되는 보호이론이다. 회전구체법은 전기 기하학적 모델에 입각하여 보호평면별 유효 보호

반경을 설정하여 보호공간을 확보하는 방식이다. 뇌격거리를 반경으로 하는 회전구체를 대지 또는 대지상의 건축구조물 등에 접근시켜서 전방향으로 회전하도록 상정한다. 회전구체가 피뢰설비 또는 대지상의 건축구조물 등에 접촉하는 경우에 이 접촉지점을 포함하는 수직선과 회전구체의 원주 및 접촉지점 높이만큼의 하부 수평선으로 포위되는 공간이 뇌격에서 유효한 보호 공간이 된다.



[그림3] 회전구체법(Rolling Sphere Method)

회전구체법에 의한 보호범위를 일반돌침에 의한 보호범위와 비교하여 설명하면 다음과 같다. ESE 피뢰침의 진전거리는 피뢰침 도체의 가상높이 증가분(h')과 동일하다.

유효 선행방사거리(ΔL), 또는 가상높이 증가분(h')

$$h' = \Delta L = V * \Delta T$$

보호반경(R_p)은 전기기하학적 모델에서 구해지는 높이($h+h'$)를 적용하여 구해진다.

$$R_p = (h+h') * \tan\alpha$$

R_p : 피뢰침의 수직높이(h)에 대한 ESE

피뢰침의 보호반경[m]

h' : 피보호 지역의 ESE 피뢰침 선단의 가상높이(피뢰침의 출력에 의해 변함)

h : 피뢰침의 수직높이[m]

α : 보호각[°]



일반돌침의 보호범위

$$R_p = \sqrt{h(2D-h)}$$

ESE 피뢰침의 보호범위

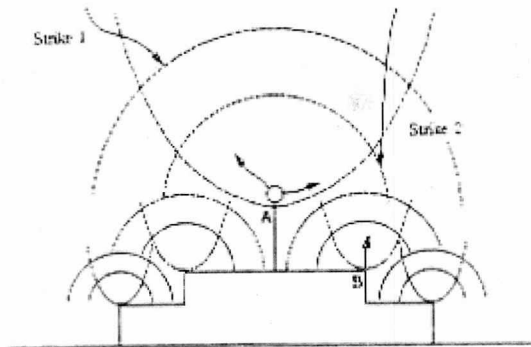
$$R_p = \sqrt{h(2D-h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

회전구체 보호이론을 일반 돌침 방식에 적용할 경우 매우 많은 수량의 피뢰침이 설치되어야 한다.

포집공간법(Collection Volume Method)은 호주 및 뉴질랜드 등의 영연방 지역에서 적용되는 보호이론(NZS /AS1768)으로 해당지역의 뇌격관련 제반자료 (건축물, 뇌운위치, 전하밀도, 환경, 기후, 대지조건 등)에 기초하여 Simulation으로 표현한다.

하강리더와 상승리더에 대해 각각의 전진속도를 설정하고 Simulation 하여 하강리더가 상승리더와 먼저 접촉하는 지점을 모두 연결하여 형성되는 건축물 상부의 포물선 내부공간이 피뢰침에 의해 보호된다고 가정한다.

이 방식은 가상 설정된 자료에 의해 수행되고 넓은 대평원 지역에서 실험한 근거를 바탕으로 하고 있어 도심지 적용시 많은 Data가 필요하며 현재 연구가 진행되고 있는 방식이다.



[그림4] 포집공간법(Collection Volume Method)

방산배치법(Dissipation Array System)은 해당지역의 뇌격관련 제반자료(건축물, 뇌운의 전하밀도, 전계밀도, 대지조건 등)를 입력하여 Simulation한다.

전하방산장치(미세침, 도전성 띠 형태)를 전기기하학적으로 배치하고 접지하여 주변의 코로나 방전으로 뇌운의 전하를 방산, 소멸 시킨다.

강전계 속에서 미세침 형태의 첨단부는 주변의 공기분자를 이온화하여 전자를 방산한다. 첨단부의 전위는 주변 전위보다 약 10KV 정도 상승하고, 이 경우 자연방전에 의해 미세침 주변의 전하가 소거되며 공기분자로 전이된다.

이 방식은 낙뢰예방시스템(CTS) 방식에 적용되고 있으나 아직 많은 연구가 진행되고 있다.

2.3 ESE의 도입

2.3.1 도입배경

일반적 돌침형 피뢰침(이하 SR; Simple Rod)은 뇌운이 형성되어 낙뢰의 조건이 형성될 시점에 뇌운과 대지와의 높은 전계강도에 의해 돌침에 높은 전계밀도가 형성된다. 이때 첨단에서 대기의 이온화가 급진전되며 이런 과정에 첨단의 방전전류가 형성된다. 이런 일련의 과정에서 대기의 이온화에 의한 이온은 뇌운을 향해 상향 전진되며 하향리더와 접촉하여 대지 방전의 도전로를 형성한다.

ESE피뢰침은 이온의 상향 전진되는 과정을 전기적 회로에 의해 규칙적이고 효율적으로 집약하여 이온의 전진 거리를 증대시켜 일반돌침보다 먼 거리에서 하향리더와의 접촉점을 만들어 대지방전을 유도함으로써 보호반경(보호범위)을 증대시켜 안전성과 효율성을 확보한 것이다.

2.3.2 발전과정

낙뢰보호에 대한 노력은 200여년의 기술개발로 발전되고 있으며 유럽 등의 선진국에서는 지금도 연구가 진행 중이다.



[도표 1] 피뢰침의 발전과정

계속