

낙뢰 피해의 예방과 ESE피뢰침 II

글 : 김동진 ■ 건축전기설비기술사

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



2.3.3 ESE란?

① ESE란

Early Streamer Emission의 약어로 스트리머를 일찍 방사한다는 의미로 국제적으로 사용되는 용어이다. 프랑스에서는 PDA(Paratonnerre · Dispositif d'Amorcage)로 표시된다.

프랑스는 ESE 기술 표준인 NF C 17-102의 제정으로 국제적으로도 그 기술적 우위를 인정받고 있다.

② ESE의 기본적 근거

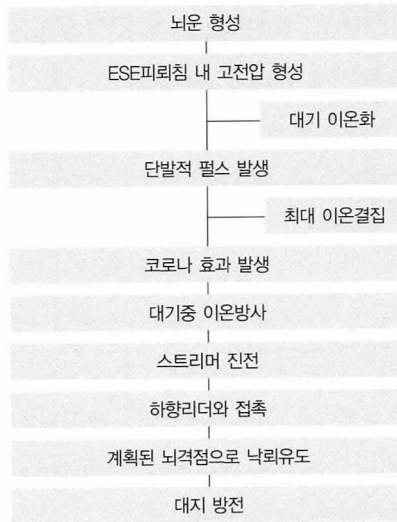
ESE는 기본적으로 물리학적, 전기 자기학적 원리를 바탕으로 한다. 즉, ESE의 원리적 개념은 뇌운이 형성될 때 에너지를 포함하여 ESE피뢰침 자체가 능동적으로 고전압을 형성시키며 이 높은 전압에 의해 대기 이온화를 활성화하고 ESE 피뢰침 주위의 이온을 많이 포집함으로써 코로나 효과에 의해 대기중으로 방사하는 것이다.

- 물리학적 개념 : 공기 중의 많은 이온은 높은 전압에서 이온내의 전자 충돌 등에 의하여 전자가 궤도를 이탈한다. 이런 현상을 이온화(Ionization)라 한다. 즉, 이런 상태를 기술적으로 이온을 집결시켜 많은 이온을 방사하는 것이다. (높은 전압이 존재시 이온화 현상은 자연 발생적으로 이루어진다.)
- 전기자기학적 개념 : ESE피뢰침의 내부적 특수회로에 의해 뇌운이 형성되어 뇌격의 조건이 충족되기전에 자체적으로 고전압을 발생한다.

공진회로의 개념과 고전압 방전이론 중 Pulse power 개념 등의 여러 이론을 바탕으로 하며 그것에 의해 고전압이 발생된다. 전압의 발생은 단발적이며 주기적인 Time을 가지며 이를 Pulse로 나타낸다. 이런 조건은 이온이 효과적으로 방사되는 최적의 상태에 맞추어지며 그 조건들이 충족시 최고의 효율적인 이온 방사를 실행하는 것이다.



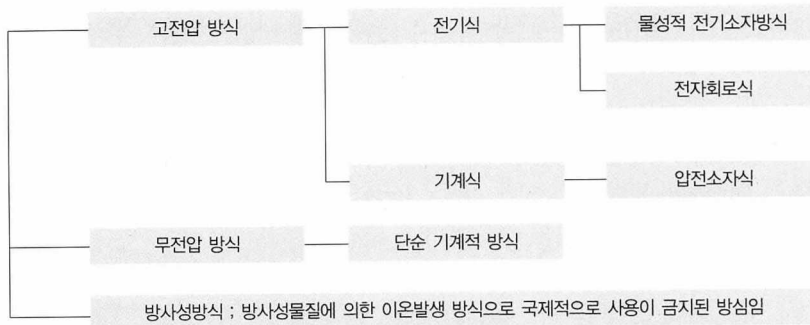
결과적으로 ESE 피뢰침의 동작 개념상 고전압펄스식, 이온방사식, 단속펄스코로나방전형, 유도광역형 등은 모두 ESE피뢰침의 동작 과정의 한부분을 명사화하여 사용하고 있는 것이다.



[도표2] ESE피뢰침의 동작 과정

2.4 ESE의 종류

현재 많이 보급되어 사용되어지는 ESE피뢰침을 분류해 보면 크게 고전압방식과 무전압 방식의 두 가지로 나누어진다.



[도표3] ESE 종류

2.4.1 고전압 방식

뇌운이 근접시 능동적으로 내부 회로에 의해 고전압을 발생하며 그 방법에 의해 기계식, 전기적인 방식으로 구분된다.

① 전기식

a. 물성적 전기소자 방식(전기식)

- 낙뢰시 능동적으로 동작하여 고전압을 발생시키는 내부의 특수한 전기회로 구성요소의 물성적, 전기적 특성을 이용한 방식이다.
- pulse power 방식상 conductance, Inductance, Resistance (RLC) 공진개념 및 pulse power 방식 등을 바탕으로 한 Inductance, capacitance 등 소자의 특성을 활용하여 일정한 Time을 가지고 그 상태를 유지시켜 가장 효과적인 이온 방사를 실행한다.
- L, C 소자의 전기 자기학적 응용으로 뇌격 전류의 충격에 내구성을 갖는다.

b. 전자회로식(전자식) : 고전압을 발생시키는 원리는 동일하지만 내부에 L, C 소자와 함께 Diode, Triac, MOSFET, ZenorDiode Photo Triac 이외에도 Micro process 등 반도체 소자의 집합적 사용으로 이온을 방사하는 방식이다.

② 기계식(압전소자식)

초전효과를 나타내는 결정에 의해 기계적인 압력을 가해 발생하는 압전효과 (piezo-electric)을 응용한 방식으로 고전압 발생의 공급원으로 사용되는 방식이다.

2.4.2 무전압 방식

단순 기계적 방식 : 스트리머의 상승효과에 기인되는 코로나 효과를 단순한 도체(충전도체)의 기계적 구성 및 가공에 의해 동작한다. 이는 뇌운 존재시 발생하는 대기전계의 공기간격, 절연간격 등을 응용하여 이온을 방사하는 단순한 기계적 방식으로 일반 돌침형 피뢰침의 개선형이다.

2.4.3 방사성방식(Radio Active Air Terminal)

국제적으로 사용이 금지된 피뢰침으로 방사성 물질을 통해 이온을 증대, 증폭시켜 효율적인 방식이나 방사성 물질의 많은 문제발생으로 사용이 금지되었다.

2.5 ESE의 기술적 배경

2.5.1 기존 돌침형 피뢰침의 문제점

- ① 일반적으로 보호각에 의해 설치되는 피뢰침 설비에 대해 낙뢰에 대한 피해사례가 많이 발생됨을 알 수 있다.
- ② 피해를 최소화하기 위해 국제적으로 뇌격거리의 개념을 이용한 회전구체법에 의한 보호범위를 적용하여 낙뢰에 대한 피뢰 설계를 적용하여 사용되고 있으며 이 논문에서는 낙뢰 보호에 있어서 뇌격거리의 관점이 아닌 피뢰침을 주체로 보면 다음과 같다.



a. 스트리머의 발생이 불규칙적이다.

피뢰침에서 방사되는 스트리머는 뇌운과의 대지전계 강도에 의해 피뢰침에서 발생하는 코로나 효과에 의해 발생된다. 그러나 전계강도에 의한 초기의 코로나 효과는 불규칙적이고 일정하지 못하므로 불안정하고 스트리머 발생이 불규칙적으로 발생된다.

b. Masking effect 우려가 높다.

이온의 스트리머 형성과정상 불규칙적인 때 이온실드에 의한 이온방사가 진전되지 못하고 방해되는 Masking effect의 우려가 많다.

c. 스트리머의 방사거리가 짧다.

뇌운에서 내려오는 하향리더가 대지로 접근하여 지상 100~500m 지점에서 뇌격 point가 거의 확정되며 피뢰침에서 올라오는 상향스트리머가 짧아 건축물에 피해 사례가 발생되기도 한다. 이는 건축물의 주위환경과 건축물의 구조 및 형태 등의 여러 가지 조건에 따라 상향스트리머의 전진거리가 다르며 외국의 많은 논문에 따르면 5~25m 정도의 스트리머의 전진거리를 나타내고 있다.

d. 기타

그 외에도 이온의 양, 바람의 영향, 중력과 쿨롱의 힘 등 다양하고 복합적인 요소 등이 작용하는 점 등이 있다.

2.5.2 ESE피뢰침의 기술

기존 돌침형 피뢰침의 여러 문제점에 의한 낙뢰피해를 최소화하면서 안정적이고 신뢰성 있는 피뢰설비를 구축하기 위한 방법은 다음과 같다.

- ① 규칙적인 코로나 효과에 의한 이온화 과정을 안정되게 하여 스트리머를 규칙적으로 발생시킨다.
- ② 스트리머의 방사높이를 증가시켜 하향리더를 계획된 뇌격점으로 유도한다.
- ③ 초기 코로나 효과를 적절하게 조정한다.
- ④ 그 외에도 많은 이온의 양을 포집하여 하향스트리머의 전진 속도에 대비하며 상향스트리머의 방사시간의 조정 등이 필요하다.

ESE피뢰침은 능동적인 고전압의 발생으로 주위 대기를 일찍 이온화 시키면서 초기 코로나 효과를 적절한 시기까지 조정, 결집된 이온을 방사하여 대지로 내려오는 하향리더를 계획된 지점으로 유도하고 건축물의 피해를 최소화한다.

- ESE피뢰침의 중요한 기술적 과제는
- ① 고전압의 발생이 안정적이고 규칙적일 것
 - ② 적절한 Pulse를 갖는 주기적 Time이 필요
 - ③ 초기 코로나 효과의 적절한 조정

등이 필요하다. 이는 Pulse특성, 전압특성, 전류특성, 이온화특성, 절연특성 등 여러 가지 요소들이 복합적으로 어우러져 ESE 피뢰침의 효과를 증대하여야 하며 그 기술의 집결로 효율을 최대화하는 것이 필요하다.

2.6 낙뢰 보호효율

IEC 61024의 내용과 NF C 17-102 의 내용에 의하면 건축물의 피뢰설비 설계시에는 반드시 보호등급과 보호확률(효율)의

비교검토가 요구된다. 또한 ESE피뢰침을 사용할 경우에도 무조건적인 선정이 아니라, 적용방법에 대한 신중한 배려가 필요하다. 다음의 도표를 분석해 보면 회전구체법을 기준으로 일반 돌침식 피뢰침 설치시 80~90%의 보호효율을 가지기 때문에 ESE피뢰침의 보호확률은 95% 이상으로 적용하는 것이 바람직하다.

특히 건축물의 높이가 45m를 초과하는 경우에는 보호등급을 상향 조정하는 것이 필요하다.

보호등급	보호효율	뇌격거리(m)
I	95 ~ 98%	20
II	90 ~ 95%	30
III	80 ~ 90%	45
IV	0 ~ 80%	60

[도표4] IEC 61024 보호등급별 보호확률

보호등급	보호확률(효율)	낙뢰전류(KA)	뇌격거리(m)
I	95 ~ 98 %	2.8	20
II	80 ~ 95 %	9.5	45
III	0 ~ 80 %	14.7	60

[도표5] NFC 17-102(APPENDIX B) 보호효율

미국의 NFPA NFC 780 에서는 뇌격거리30m, 45m를 한계로 하고 있으며, 프랑스 NF C 17-102 에서는 ESE 피뢰침이 우수한 성능을 발휘하더라도 방사이득시간(ΔT)을 60μs로 제한하여 ESE 피뢰침의 상업적 과대홍보를 금지하고 있다.

그러므로 ESE 피뢰침의 뇌격거리 또는 방사 시간이득을 기준으로 보호범위를 산정한다.

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

위의 공식으로 적용된 보호반경은 보호등급(NP)에 따른 뇌격거리(D)의 적용으로 제품의 모양, 기능에 관계없이 보호범위가 일정하게 되며 이는 NF C 17-102에 나타나 있다.

따라서 적합한 피뢰설계를 위해서는 다음 과같이 3중 보호방식의 설계가 필요하다.

1. 보호효율 및 보호등급의 적합한 선정
2. 적절한 방전시간차(ΔT)의 사용
3. 건축물의 경우 보호범위의 한계 Line은 건축물과 여유(이격거리)를 유지할 것

3. 결 론

지금까지 ESE 피뢰침의 도입배경과 기술의 발전과정, 종류 및 기존 일반형 피뢰침의 문제점과 대책, 보호효율의 적용에 대해 기술하였다. 인간의 기술력으로 낙뢰를 완벽하게 막아낼 수는 없으나 ESE피뢰침을 적절한 설계를 통해 적합하게 사용한다면 그 피해를 최소화 할 수 있다. 그러나 국내에 ESE기술이 도입된 지 10여년이 지난 지금도 많은 현장에서는 ESE에 대한 올바른 이해가 부족하여 적합하게 사용되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 상기에서 언급한 내용은 ESE피뢰침의 자체 개발을 통해 확보한 미약한 지식과 data 등을 바탕으로 정리하였으며, 설계 및 감리, 시공 현장에서 보다 안전하고 효율높은 낙뢰 보호 설비를 시설함에 있어서 미약하나마 이바지하고자 한다.

끝