

# ESE 피뢰침 설비의 접지

글/강 인 권

(주)대우엔지니어링/전기기술사

## 1. 서 언

본고에서는 최근, 신형 피뢰침 설비로 많이 설치되고 있는 선형 스트리머 방사형(ESE: Early Streamer Emission Type) 피뢰침 설비의 접지에 대하여 기술한다.

ESE 피뢰침 설비의 접지도 수뢰된 뇌격전류를 대지로 방류하는 시스템이므로 기본적으로 일반 피뢰침(프랭클린 돌침)의 접지와 동일하다.

그러므로, 본고에서는 완벽한 피뢰접지 시스템의 구성 및 ESE 피뢰접지의 이해를 위하여 일반 피뢰접지의 기준을 먼저 언급하고 ESE 피뢰설비의 적용기준인 NF C 17102의 피뢰접지기준을 발췌하여 상세히 기술한다.

## 2. 일반 피뢰침 설비의 접지

### 2.1 피뢰침 접지

#### (1) 적용기준

일반적으로 피뢰침 접지의 주요 적용기준은 다음과 같으며 국내규정을 우선적으로 적용하고 최신행 피뢰침 시스템에 대해서는 해당 국제기준을 적용한다.

- KS C 9609
- JIS A 4201
- NFPA 780
- IEC 1024-1
- NF C 17102/NF C 17100
- CENELEC/ENV 61024-1
- BS 6651

#### (2) 접지저항

일반적으로 피뢰침 접지의 접지저항은  $10[\Omega]$  미만으로 되어야 한다.

그리고, 뇌격전류는 고조파 전류이고 순간적으로 단시간 통전되므로 접지저항은 뇌격전류의 통전순간에 높은 임피던스(Impedance)값으로 변화하는 특성 즉, 과도임피던스 특성이 있어 피뢰침 접지에서는 일반 접지저항값 이외에 서지 임피던스(Surge Impedance)를 반드시 고려하여야 한다.

#### (3) 접지시스템 구성

일반적으로 건축구조물에서는 전력시스템의 접지, 통신시스템의 접지 등과는 별도의 독립된 피뢰침 접지 시스템을 구성하며 각 접지시스템 간은 서로 이격하고 있다.

그러나, 상기의 각 접지시스템(전력, 통신, 피뢰침 접지 시스템 등)간에는 뇌격시 대전류에 의한 이상전위상승의 영향을 방지하도록 직접 또는 적합한 장치를 개재하여 등전위 접속(Equipotential Connection)을 반드시 시행하여야 한다.

### 2.2 등전위 접속(Equipotential Bonding)

#### (1) 건축구조체의 등전위 접속

낙뢰시 인접의 피뢰도선 및 대기전계에 의하여 건축구조체의 전위상승 등으로 인한 장비의 절연파손을 방지하도록 피뢰침 접지시스템과 건축물의 철근/철골구조체 사이를 일정

간격으로 등전위 접속을 시행한다.

(2) 접지시스템의 등전위화

낙뢰시에 다른 접지시스템(전력, 통신 접지 시스템 등)에 이상전위상승에 기인한 장비의 절연과피를 방지하도록 모든 접지시스템(전력, 통신, 피뢰침 접지시스템 등) 사이에는 등전위 접속장치(Equipotentializing Device)를 개재하여 상호 접속한다.

3. ESE 피뢰침 설비의 접지(NF C 17102 기준)

3.1 피뢰침 접지

(1) 기본사항

기본적인 사항으로 ESE 피뢰침의 각 인화 도선은 반드시 접지되어야 한다.

그리고, ESE 피뢰침의 보호공간 내에 위험 전압의 위험도를 최소화하면서 뇌격전류의 임펄스(Impulse) 특성을 고려하고 대지에 뇌격전류를 신속히 방류해야 하므로 접지시스템의 형태, 치수 및 접지저항값은 매우 중요하다.

이러한 사항을 고려한 ESE 피뢰침의 접지 조건은 다음과 같다.

- 접지저항 값은 10[Ω] 미만이어야 한다.
  - 접지저항은 모든 도전부와 절연된 상태에서 측정되어야 한다.
- 파동 임피던스(Wave Impedance) 또는 인덕턴스(Inductance) 값 즉, 서지 임피던스(Surge Impedance)는 뇌격방전중에 발생하는 저항전위 상승에 가해지는 역기전력(Back-Electromotive Force)을 최소화하도록 가능한 한 낮아야 한다.
  - 그러므로, 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다.

- 길이가 긴 단일의 수평 또는 수직도체요소를 가지는 접지 시스템은 가능한 한 피해야 한다.
- 심타 접지전극으로 지중에 깊이 매설되어 습지토양층에 접촉하는 단일의 수직 접지전극은 표면저항이 특별히 높지 않으면 유리하지 않으므로 피하는 것이 좋다.
- 심타 접지전극의 경우에는 대지 파라미터

(Parameter)를 충분히 고려하여야 한다. 즉, 다층구조의 대지인 경우에 심타 접지전극에 접하는 하층의 대지저항률이 상층의 대지저항률보다 크면 접지저항이 감소하지 않으며 이 경우에는 상층대지에 병렬접지를 시행하는 것이 유리하다.

- 심타 접지전극의 경우에는 접지저항 이외에 서지 임피던스를 필히 고려하여야 한다. 즉, 심타 접지전극은 지중 20[m] 깊이를 초과하면 매우 높은 파동 임피던스(Wave Impedance)를 가지게 되므로 주의하여야 한다. 이 경우에는 전기적으로 완전하게 상호 접속되는 수평도체 또는 수직접지전극을 다수 설치해야 한다. 그리고, 등가도전성을 가지기 위하여 필요한 도체단면적의 면에서 철제도체보다는 동도체가 필히 사용되어야 한다.
- 접지시스템은 가능한 한, 건축구조물의 외부에 설치되어야 한다.

(2) 접지전극의 종류

접지전극의 치수는 설치되는 토양의 대지저항률에 의해 결정된다.

그리고, 토양의 대지저항률은 토양의 종류(즉, 진흙, 점토, 모래, 암반 등)에 따라 큰 폭으로 변한다.

일반적으로, 대지저항률은 표준값으로 적용되거나 대지저항률 측정계(Earth Ohmmeter)로 실측하여 측정된 값을 적용한다.

대지저항률이 결정되면 접지전극의 길이는 다음의 식에 의해서 결정된다.

- 선형 수평 접지전극

$$L = \frac{2\rho}{R}$$

- 수직 접지전극

$$L = \frac{\rho}{R}$$

여기서,

L: 접지전극의 길이[m]

$\rho$ : 대지 저항률[ $\Omega \cdot m$ ]

R: 소요 접지저항치( $\leq 10[\rho]$ )

ESE 피뢰침의 각 인하도선의 접지시스템은 적어도 다음의 한 종류의 접지전극으로 구성되어야 한다.

① 조족(새의 발) 형태로 배치되고 지중에 최소 50[cm] 이상 매입된 알루미늄인 경우를 제외하고 인하도선과 동일한 재질 및 단면적을 가지는 도체(예: 지중에 50[cm] 이상의 깊이로 수평으로 매입된 3개의 7~8[m] 길이의 도체)

② 총 길이 6[m] 이상의 다수의 수직 전극봉의 조합

- 수직 전극봉은 직선상 또는 삼각형 형태로 배치되고 매입 깊이와 동일한 거리만큼 상호간이 격리되어야 한다.
- 이 수직 전극봉은 인하도선과 동일하거나 동일한 특성의 도체로 상호 접속되고 최소 50[cm] 깊이의 트렌치(Trench)에 매입되어야 한다.
- 이 수직 전극봉의 배치는 가능한 한 삼각형(Triangle) 배치가 권장된다.

표준 접지전극의 배치도를 그림 1에 보인다.

### (3) 추가 보조 접지시스템

표준 접지시스템 배치를 적용하여도 대지 저항률이 높아서  $10[\rho]$ 보다 낮은 접지저항을 얻을 수 없는 경우에는 다음의 추가 보조접지를 시행한다.

- 접지도체의 주위에 저 저항률의 저감제를 충전한다.
- 시설의 접지도체 또는 접지전극에 접지봉을 추가한다.
- 접지전극의 수를 증가시키고 상호 접속한다.
- 임피던스를 감소시키고 고전류 방류용량 특성을 가지도록 조치한다.
- 이상의 모든 추가조치에도 불구하고  $10[\rho]$  이하의 접지저항이 얻어지지 않는 경우에는 각 수직 또는 수평 접지요소의 길이가 20[m]를 초과하지 않도록 하고 매입 접지전극의 길이를 최소 100[m]로 구성하여 뇌격전류를 방류하도록 조치한다.

### (4) 접지 시스템의 상호접속

건축구조물에 전력시스템을 위한 기본 접지시스템이 있는 경우에 피뢰침 접지 시스템은 이 기본 접지시스템에 접속되어야 한다.

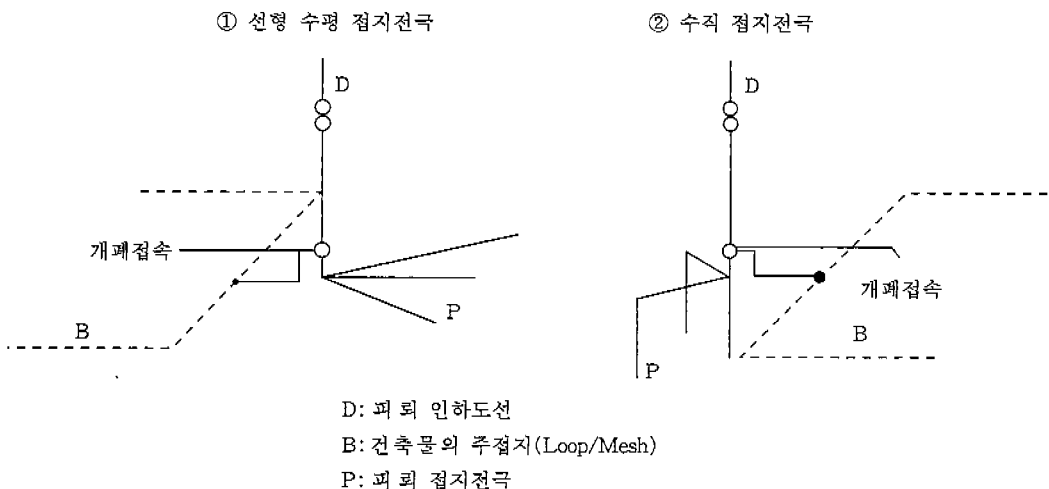


그림 1 표준 접지전극 배치도

표 1 접지 시스템과 금속체와의 최소 이격거리

매설 금속체	최소 이격거리	
	대지저항률 $\leq 500[\Omega \cdot m]$	대지저항률 $> [\Omega \cdot m]$
고압 전선관(접지)	0.5	0.5
저압 전선관(비접지)	2.0	5.0
저압간선의 접지시스템	10.0	20.0
가스 금속 배관	2.0	5.0

표 2 접지극의 재질 및 최소규격

재질	권장 이유	최소 규격
나동선/주석도금 동	도전성 및 내부식성이 양호	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동대(Strip): <math>30 \times 2[\text{mm}]</math></li> <li>• 원형단면봉(Round Section): <math>\phi 8[\text{mm}]</math></li> <li>• 격자형 접지망(Grid): 최소단면적, <math>10[\text{mm}^2]</math></li> <li>• 막대형(Solid Stake): <math>\phi 15[\text{mm}] \times 1[\text{m}]</math></li> <li>• 관봉(Tubular Rod): <math>\phi 25[\text{mm}] \times 1[\text{m}]</math></li> </ul>
동 도금 철 (250 $[\mu\text{m}]$ )	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 봉(Rod): <math>\phi 15[\text{mm}] \times 1[\text{m}]</math></li> </ul>
스테인리스 스틸 (SUS 304)	부식성 토양에 적합	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 철판대(Strip): <math>30 \times 2[\text{mm}]</math></li> <li>• 원형단면봉(Round Section): <math>\phi 10[\text{mm}]</math></li> <li>• 봉(Rod): <math>\phi 15[\text{mm}]</math></li> </ul>
아연도금 철 (50 $[\mu\text{m}]$ )	내부식성이 낮으므로 단기간의 설비로 적합	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 철판대(Strip): <math>30 \times 3.5[\text{mm}]</math></li> <li>• 원형단면봉(Round Section): <math>\phi 10[\text{mm}]</math></li> <li>• 봉(Rod): <math>\phi 19[\text{mm}] \times 1[\text{m}]</math></li> </ul>

[주]: 1. 물리적, 기계적 및 전기적 특성(도전성, 가단성, 부식저항 등)면에서 주석도금 동(Tin-plated Copper) 재질이 권장된다.

그리고, 피뢰접지 시스템과 전력 주접지회로 상호간의 접속은 피뢰침 접지의 각 인하도선의 직전에서 개폐장치에 의해 접속되고 접지측정함(Inspection Chamber)의 직전에 설치되어야 한다.

기존 건축구조물에 있어서는 이러한 접지 시스템 상호간의 접속이 지중 매입부분에서 시행되어야 하며 접점에서는 개폐할 수 있어야 한다.

이 접지 시스템간의 상호접속이 건축물 내부에 설치되는 경우에 접속 도체는 동전전류가 인접한 케이블이나 장비에 유도영향을 미치지 않도록 경로를 설정하여야 한다.

보호공간내에 다수의 분리된 구조체가 포함되어 있는 경우에 ESE 피뢰침의 접지 시스템은 모든 구조체를 상호 접속하는 매입된 등전

위 전지망에 접속되어야 한다.

(5) 이격거리

피뢰침 접지 시스템의 요소는 매입 금속판 또는 전선관과 다음의 표 1에 지정된 최소 이격거리 이상 이격하여 설치되어야 한다.

이 이격거리는 건축구조물의 주 등전위망에 전기적으로 접속되지 않은 전선관의 경우에만 적용된다.

단, 비금속체 전선관의 경우에는 이 최소 이격거리가 적용되지 않는다.

(6) 접지극의 재질 및 규격

ESE 피뢰침 시스템의 접지극의 재질 및 최소 규격은 표 2와 같다.

### 3.2 등전위 접속(Equipotential Bonding)

#### (1) 기본사항

뇌격전류가 도체를 통하여 흐르는 경우에 이 도체와 인접한 접지된 금속체 사이에 전위차가 발생한다. 이 경우, 도체와 금속체로 구성되는 회로의 개방단에 위험방전(Spark)이 발생할 수 있다.

인하도선과 접지 금속체 사이의 개방 루프(Loop)의 말단 사이의 거리에 따라서 등전위가 이루어 질 수도 있고 아닐 수도 있다. 위험방전이 발생하지 않는 최소거리가 안전거리(Safety Distance:  $d_s$ )이다.

이 안전거리는 적용 보호등급, 인하도선의 수, 루프 단 사이의 재질, 접지된 금속체와의 이격거리에 따라 다르게 된다.

일반적으로, 피뢰보호 시스템 설치시에 절연을 확실하게 유지하거나 설치 후에 장기간 절연을 확실하게 유지한다는 것은 매우 곤란하다. 그러므로, 등전위 접속을 반드시 시행할 필요가 있다.

그러나, 일부의 경우 즉, 가연성 또는 폭발성 배관 등에서는 등전위 접속을 시행하지 않는다. 이 경우에 인하도선은 안전거리( $d_s$ ) 이상 이격하여 설치된다.

#### (a) 등전위 접속방식

등전위 접속은 뇌격전류를 방류하는 인하도선 또는 ESE 피뢰침과 건축구조물 상에 위치하고 동일전위로 되는 금속체 요소와의 사이에 등전위 도체, 서지 보호장치(Surge Protective Device) 또는 방전 갭 (Spark Gap)을 개재하여 접속한다.

#### (b) 안전거리

안전거리는 뇌격전류를 방류하는 인하도선과 인접한 접지 도체 사이에서 위험방전이 발생하지 않는 최소 이격거리이다.

피뢰설비의 도체와 인접 도체 사이의 거리( $d$ )가 안전거리( $d_s$ ) 이상이 되는 경우에 위험방전에 대한 절연이 유지될 수 있다.

일반적인 안전거리 계산식은 다음과 같다.

$$\text{안전거리}(d_s) = n \cdot \frac{k_i}{k_m} \cdot \ell \text{ [m]}$$

여기서,

$n$ : ESE 피뢰침 인하도선의 수

$n = 1$ : 인하도선 1조

$n = 0.6$ : 인하도선 2조

$n = 0.4$ : 인하도선 3조 이상

$k_i$ : 적용 보호등급 관련 계수

$k_i = 0.1$ : 보호등급 I

$k_i = 0.075$ : 보호등급 II

$k_i = 0.05$ : 보호등급 III

$k_m$ : 2개 루프(Loop) 사이에 사용된 재질에 관련되는 계수

$k_m = 1$ : 공기

$k_m = 0.5$ : 비금속체의 고체

$\ell$ : 안전거리가 적용되는 지점으로부터 가장 근접한 등전위 접속 지점까지의 인하도선의 길이[m]

[주]: 1. 인접한 도전부가 전기적으로 접지되어 있지 않으면 등전위 접속은 시행할 필요가 없다.

2. 내부 철근이 상호 결속되어 있는 철근 콘크리트 구조체의 경우 및 등간격의 철제망으로 구성되는 철제 구조체의 경우에는 일반적으로 안전거리가 충족된다.

#### (2) 건축구조물 외부 금속체와의 등전위 접속

대부분의 등전위 접속은 등전위 도체를 사용하여 접속하는 것이 가능하다. 그러나, 시스템 특성상 이것이 불가능한 경우에는 서지 보호장치(Surge Protective Device)를 사용하여 접속하여야 한다.

#### (a) 등전위 도체에 의한 등전위 접속

등전위 접속은 다음의 장소에 시행되어야 한다.

##### ① 지상과 지중

모든 구조체 접지단자는 상호 접속되어야 한다.

- ② 안전거리가 충족되지 않는 경우( $d < ds$ )  
 등전위 도체는 인하도선에 사용되는 것과 동일한 도체이어야 한다. 그리고, 가능한 한 단거리로 유지되어야 한다.  
 피뢰보호 시스템이 피보호 건축구조물과 절연되어 있는 경우에 등전위 접속은 지상 레벨에서만 시행되어야 한다.
- ③ 절연 슬리브 하부측의 가스 공급관의 경우 :  $ds = 3[m]$

(b) 서지 보호장치에 의한 등전위 접속

레이더, 안테나 또는 소형 전주는 인하도선에 가장 근접한 곳에서 금속체 지주용 서지 보호장치에 의해 접속되어야 한다.

○ 공중 안테나용 서지 보호장치의 특성 예 (Aerial Surge Diverter)

- 통전전류 용량 : 20 ~ 50[kA]
- 정적 방전개시전압: 700 ~ 1500[V]
- 동적 방전개시전압: 6000[V]
- 충격 내전류 : 20[kA] (8/20 Waves), 15[sec] 간격

절연부를 가지는 배관(급수, 가스 등)이 해당 공간내에 있는 경우에 이 절연부의 양단은 서지 보호장치에 의해 접속 통과되도록 해야 한다.

(3) 벽체 매입 금속체의 등전위 접속

등전위 도체에 의해 금속체의 접속단자에 접속한다. 단, 벽체의 방수에 유의하여야 한다.

(4) 건축구조물 내부 금속체의 등전위 접속

건축구조물의 내부 금속체와 점점 개폐가 가능하도록 설치된 등전위 접속단자대에 등전위 도체로 접속한다. 이 도체의 최소 단면적은 동 또는 알루미늄의 경우는 16[mm<sup>2</sup>], 철제의 경우는 50[mm<sup>2</sup>] 이상이어야 한다. 등전위 접속단자대는 가능한 한 구조물의 접지회로에 가장 근접한 지점에 접속되어야 한다.

대형 구조물에서는 다수의 등전위 접속단자대가 설치되고 상호 접속된다. 각 등전위 접

속단자대는 동 또는 등전위 도체와 동등한 재질로 되어야 하며 최소 단면적은 75[mm<sup>2</sup>] 이상이어야 한다.

일반적으로, 차폐도체 또는 금속 전선관속에 설치된 도체로 구성되는 전력 또는 통신 시스템에서는 차폐층 또는 금속관의 접지만으로 충분한 보호가 가능하다.

만약, 충분한 보호가 되지 않는 경우에는 서지 보호장치를 개재하여 피뢰보호 시스템에 등전위 접속을 시행하여야 한다.

#### 4. 결 언

이상 기술한 바와 같이, ESE 피뢰침 설비의 접지 시스템은 일반 피뢰돌침(프랭클린 돌침) 설비의 접지와 다른 점이 없다.

다만, 완벽한 피뢰보호를 위하여 ESE 피뢰침 설비의 적용기준인 NF C 17102에 규정되어 있는 접지기준의 주요내용을 다시 한번 요약하면 다음과 같다.

- 피뢰침의 각 인하도선은 접지되어야 한다.
- 접지저항값은 10[Ω] 미만이어야 한다.
- 접지극 설치시에는 뇌격전류의 방전에 영향을 미치는 서지 임피던스를 고려하여 매설하여야 한다(심타접지극 매설시에 특히, 서지 임피던스에 유의해야 함).
- 접지극의 배치는 가능한 한 표준 접지극 배치에 의거하도록 한다.
- 각 접지 시스템간은 상호 등전위 접속을 시행한다.
- 피뢰침설비는 완벽한 절연이 불가능하므로 안전거리가 유지되지 않는 건축구조체 및 금속체는 반드시 등전위 도체 또는 서지 보호장치를 개재하여 등전위 접속을 시행한다.

참고서적: 『최신 피뢰설비의 선정과 설계』  
 (강인권 편저 / 도서출판 신기술 발행)  
 자료제공: Franklin France / 동경 E & C