

ESE 피뢰침 설비의 인하도선

글/강 인 권

(주)대우엔지니어링/전기기술사

1. 서언

본고에서는 최신형의 ESE 피뢰침설비에 적용되는 인하도선의 선정, 설치방식 및 차폐대책에 대하여 기술적인 면에서 기술한다.

2. 인하도선의 선정

2.1 인하도선의 선정기준

1) 인하도선의 종류

ESE 피뢰침의 적용 기준인 프랑스 표준, NF C 17102에서 ESE 피뢰침의 인하도선에 대하여 다음의 표 1과 같이 규정하고 있다.

그리고, 적용 인하도선에 대하여 다음과 같이 규정하고 있다.

- 인하도선으로 평각도선, 편조선 또는 원형도선이 사용될 수 있으며 최소 단면적은 50mm² 이어야 한다.

- 절연 동축케이블은 인하도선으로 사용할 수 없으며 인하도선의 절연 시스(Sheath) 또는 피복은 원칙적으로 부식 또는 전식이 우려되는 장소에만 사용한다.

- 인하도선의 재질로는 주석도금동선이 물리적, 기계적 및 전기적 특성(도전성, 가단성, 내부식성 등)이 우수하므로 사용을 권장한다.

- 인하도선의 단면형태로는 뇌격전류가 충격파(Impulse)특성을 가지므로 원형단면보다 동일한 단면적에서 외부표면적이 보다 넓은 평각단면의 도선을 사용하도록 권장한다.

다음으로, 일반 피뢰시스템의 적용기준이 되는 표준에서 권장하는 인하도선의 종류를 보면 다음과 같다.

- ① 국제전기표준회의: IEC 1024-1
 - 동/도금강/스테인리스 스틸/알루미늄 도선
- ② 미국소방협회: NFPA 780
 - 동/알루미늄 동선 및 평각도선
- ③ 영국표준: BS 6651

표 1 인하도선의 재질 및 최소굵기

재 질	최 소 굵 기	비 고
· 나동선 또는 주석도금 동선	평각도선: 30 × 2mm 원형도선: 직경 8mm 편조선: 30 × 3.5mm	우수한 도전성과 내부식성이 있으므로 권장함
· 스테인리스 스틸(SUS 304)	평각도선: 30 × 2mm 원형도선: 직경 8mm	부식우려가 있는 장소에 사용을 권장함
· 알루미늄(Aluminium)	평각도선: 30 × 3mm 원형도선: 직경 10mm	알루미늄 피복, 벽체 등의 표면에 사용 권장함

표 2 인하도선의 특성비교

항 목	평 각 동도선 (Flat Bar)	나동선 (BC)	절연동선 (GV Wire)	동축케이블 (Coaxial /Triaxial)	비 고
도전성	매우 양호	매우 양호	양호	불리(*)	(*) 도체간 커패시턴스 증가에 기인함
임피던스 (Surge Impedance)	양호(*)	양호(*)	양호(*)	양호	(*) 다수조 설치 및 구조체와의 병렬 접속으로 임피던스 감소에 기인함
진위상승	양호	양호	양호	양호(*)	(*) 인하도선내의 도체간 고전위상승 발생 가능
측면섬락	양호(*)	양호(*)	양호(*)	양호	(*) 모든 철재구조물을 등전위본딩하브 로 측면섬락 없음
순시열방산	매우 양호	양호	다소 양호	매우 불리(*)	(*) 절연체/반도체/도전체층의 복잡 한 구조에 기인함
가단성	양호	양호	양호	매우 불리(*)	(*) 다중층 구조에 기인함
시공성	매우 양호	매우 양호	양호	매우 불리(*)	(*) 다중층 구조로 장력에서 불리함
내부식성	양호	양호	양호	양호	주석도금동선이 가장 우수함
기타(물리적/ 기계적 특성)	양호	양호	매우 양호	양호(*)	(*) 물리적 파손시에도 제간 단락 우려 있음

- 동/알루미늄/도금강 평각도선, 동/알루미늄
/알루미늄합금/도금강도선

- 인하도선으로 차폐 동축케이블은 사용하지
않도록 권장되고 있다. 그 이유는 뇌격환경
하에서 인하도선으로 사용되는 동축케이블
의 최상부 선단에서 내부도체와 외부도체
(차폐층)사이에서 수천[kV]의 고전위가 발생
하여 측면섬락(Side Flashing)을 야기할 수
있기 때문이다.

④ 일본산업규격: JIS A 4201

- 동/알루미늄의 도선/평각도선/관, 동복강
선, 알루미늄 피복강선, 강심알루미늄 연선

⑤ 한국산업규격: KS C 9609

- 동/알루미늄의 도선/평각도선/관, 동복강
선, 알루미늄 피복강선, 강심알루미늄 연선

2) 인하도선의 굵기

ESE 피뢰침의 적용기준인 프랑스 표준, NF C
17102에서 ESE 피뢰침의 인하도선의 최소굵기를
다음과 같이 규정하고 있다.

- 50[mm²]

그리고, 일반 피뢰시스템의 적용기준이 되는 표
준에서 권장하는 인하도선의 최소굵기를 보면 다
음과 같다.

① 국제전기표준회의: IEC 1024-1

- 16[mm²](동)/25[mm²](알루미늄)/50 [mm²](강)

② 미국소방협회: NFPA 780

- 29[mm²](동)/ 50[mm²](알루미늄)

③ 영국표준: BS 6651

- 50[mm²](동/알루미늄)

④ 일본산업규격: JIS A 4201

- 30[mm²](동)/ 50[mm²](알루미늄)

⑤ 한국산업규격: KS C 9609

- 30[mm²](동)/ 50[mm²](알루미늄)

2.2 인하도선의 특성

1) 인하도선의 주요특성

ESE 피뢰침의 인하도선은 일반 피뢰침의 경우
와 동일하며 전항에 기술한 적용기준에 적합한 도

선을 사용한다.

인하도선의 종류별 주요특성을 비교하면 다음의 표 2와 같다.

[참고]

· 절연동선과 동축케이블의 주요특성 비교

[1] 서지 임피던스(Surge Impedance)

○ 접지용 전선

- 서지 임피던스 계산식

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

단, Z: 서지 임피던스 [Ω]

L: 단위 인덕턴스 [H/m]

C: 단위 커패시턴스 [F/m]

- 실제로 인하도선은 건축구조체와 병렬로 접속되므로 서지 임피던스값은 상기의 값보다 훨씬 작아지게 된다.

○ 동축케이블

- 동축케이블의 서지 임피던스는 계산 및 실측자료에 의거한 검증이 필요한 것으로 판단된다.

[2] 전위상승(Potential Increase)

○ 접지용 전선(GV Wire)

- 접지용 전선은 내·외부 도체 구분이 없는 구조이므로 뇌격시에 도체간 전위상승이 없다.

○ 동축케이블(Coaxial/Triaxial Cable)

- 동축케이블 인하도선의 경우에는 뇌격시에 동축케이블 최상단부의 내·외부 도체사이 에 수100[kV]의 고전위가 발생할 수 있다.

이러한 이유로, 영국의 피뢰보호표준(BS 6651) 및 프랑스표준(NF C 17102)는 피뢰 인하도선으로 동축케이블 종류의 사용을 원칙적으로 금지하고 있다.

[참고식]

- 케이블의 도체간 최대 전위경도 계산식

$$E_{max} = \frac{2E}{\sqrt{3d \log(D/d)}} \text{ [V/mm]}$$

단, E: 선간전압[V]

D: 절연외경(절연차폐층 제외)[mm]

d: 도체외경(도체차폐층 포함)[mm]

- 예상 최대전위 상승치(JIS 기준) 피뢰 인하도선 최상단부 선단의 최대전위상승: 800 [kV]

접지선의 최대전위상승: 500[kV]

[3] 측면섬락(Side Flashing)

· 접지용 전선

일반적으로 인하도선과 안전이격거리, 1.5 m 이내로 근접하는 모든 금속체는 등전위접속을 시행하므로 뇌격시 측면섬락이 발생하지 않는다.

- 동축케이블: 동일조건임

2) 인하도선의 굵기(계산 예)

○ 피뢰도선의 굵기 계산식 (Marshall의 공식 기준)

$$A = \frac{I \cdot T}{K}$$

단, A : 피뢰도선의 단면적[cmils]

I : 피뢰도선에 흐르는 전류[kA]

K : 피뢰도선 재질의 특성값

T : 뇌격전류의 파미장[μ s]

* 피뢰도선의 온도상승을 제외한 계산임

○ 접지선의 굵기 계산식

$$A = \sqrt{\frac{(8.5 \times 10^{-6} \times S)}{\log\{(t/274)+1\}}} \times I$$

단, A : 접지선의 단면적[mm²]

S : 통전지속시간[Sec]

t : 접지선의 용단 최고허용온도상승[°C]

I : 통전전류[A]

- 상기의 계산식에 의거하여 보다 가혹한 조건으로 계산된 결과를 선정한다.

2.3 인하도선의 선정

ESE 피뢰침의 인하도선으로는 일반 피뢰침의 경우와 동일하게 나동선 또는 비차폐 절연동선을 사용하여야 하며 동축케이블 종류는 원칙적으로 사용이 금지되고 있다.

상기까지의 검토결과에 의거하여 인하도선의 종류 및 굵기를 선정하면 다음과 같다.

- 인하도선의 종류: 나동선 또는 접지용 전선을 선정한다.
- 인하도선의 굵기: 계산에 의거하고 규정된 최소굵기 이상으로 선정한다.

3. 인하도선의 설치

3.1 인하도선의 설치기준

ESE 피뢰침의 적용기준인 프랑스 표준, NF C 17102에서 ESE 피뢰침의 인하도선 설치기준을 다음과 같이 규정하고 있다.

원칙적으로 외부 노출설치, 건물내부 설치시에는 절연 및 불연성 닥 트에 수용하여 설치하여야 한다.

다음으로, 일반 피뢰시스템 적용기준이 되는 표준에서 규정하는 인하도선의 설치기준을 보면 다음과 같다.

- ① 국제전기표준회의: IEC 1024-1
 - 불연성 구조체에서는 내외부에 설치 가능, 가연성 구조체의 경우에는 노출 이격설치 (0.1m 이상 이격)
- ② 미국소방협회: NFPA 780
 - 노출설치 원칙
- ③ 영국표준: BS 6651
 - 노출설치 원칙
- ④ 일본산업규격: JISA 4201
 - 노출설치 원칙, 건물내부 설치시에는 절연관 속에 수용
- ⑤ 한국산업규격: KS C 9609
 - 노출설치 원칙, 건물내부 설치시에는 절연관 속에 수용

3.2 인하도선의 설치방식 및 차폐대책

1) 설치방식

○ 옥외는 노출설치, 옥내 설치시는 절연관속에 포설한다.

2) 뇌격시 차폐대책

- ① 적용기준에 의거한 인하도선의 뇌격시 차폐 대책은 다음과 같다.
 - NF C 17102: 인하도선과 금속체 사이에 철제 스크린을 설치
 - JIS A 4201: 인하도선과 금속체 사이에 철근 콘크리트조, 철근보강 조적벽, 철판을 설치
- ② 뇌격시 인하도선의 차폐대책별 효과를 보면 다음과 같다.
 - 차폐스크린 설치: 차폐효과 우수
 - 케이블 닥트 사용: 차폐효과 양호
 - 케이블 트레이 접지: 차폐효과 다소 미흡

[참고] 뇌격시 주변전위상승의 계산

○ 전위상승 계산식

· 계산식(A)

$$V = a \cdot \frac{30Ih}{y} \left[1 + \frac{1}{\sqrt{2}} V \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - (1/2)V^2}} \right] [V]$$

단, a: 차폐계수(케이블 차폐층 고려)

I: 뇌격전류

y: 인하도선과 피유도 케이블 사이의 이격거리

h: 피유도 케이블의 설치높이

V: 뇌격방전 진행률과 광속과의 비율

· 계산식(B)

$$V = \frac{\log \frac{(h_1 + h_2)^2 + D^2}{(h_1 - h_2)^2 + D^2}}{2 \log \frac{2h_1}{a_1}} \cdot a \cdot V_0 [V]$$

단, h₁: 인하도선의 설치높이

h₂: 피유도 케이블의 설치높이

D: 접지도체와 피유도 케이블 사이의 거리

a₁: 접지도체의 반경

V₀: 인하도선의 전위

○ 평가

· 정전유도전압

일반적으로 피유도 케이블에 차폐층이 있으면 정전유도전압은 크게 문제되지 않는다. 그러나 완전한 정전차폐를 위해서는 이 사이에 차폐재를 설치하는 것이 좋다.

· 전자유도전압

뇌격전류는 1회성의 임펄스(Impulse)이므로 전자유도는 무시하여도 된다.

- 금속 메시(Metal Mesh)
- 철판
- 동박판
- 알루미늄 박판
- 금속도금 직포
- 금속도금지
- 카본지(Carbon Paper)

3.3 인하도선의 설치방식 선정

1) 설치방식

· 노출설치 또는 비금속제 관로/비자성체 관로 내부에 설치한다.

2) 차폐대책

- 케이블 닥트를 사용하고 접지한다.
- 인하도선과 트레이 사이에 다음과 같은 차폐대책을 시행한다.

4. 결론

이상과 같이 검토한 결과 ESE 피뢰침 인하도선의 선정, 설치 및 차폐대책을 요약하면 다음과 같다.

- 인하도선의 종류 : ESE 피뢰침의 인하도선으로 나동선 또는 비차폐 절연동선인 접지용 전선을 사용한다.
- 인하도선의 설치 : 노출설치 또는 절연전선관/비자성 금속관 내부에 설치한다.
- 차폐대책 : 인접의 케이블 관로로 금속덕트 사용 또는 인하도선과의 사이에 차폐대책을 시행한다.



토 · 막 · 상 · 식

★ 너무 피로해 잠 못 들 때 식초 마시면 잠 잘와

잠이 안오거나, 불면증에 시달릴 때 식초를 큰 숟가락으로 한 술 떠서 마셔보자. 잠을 잘수 없을 정도로 피로한 몸은 파김치처럼 산성경향을 띤다.

식초에는 산성화된 몸을 약한 알칼리성으로 바꿔주는 작용이 있다. 식초를 마시면 불가사의하게 잠이 잘온다. 잠이 안오는 사람은 즉시 시도해볼 것.

★ 무좀 고생땀 햇볕에 말린 굴껍질 태워 연기 쐬면 효과

시중에 나와있는 무좀약이나 무좀퇴치의 비방도 많지만 완치가 잘 안된다.

잘 알려져 있지 않은 비법을 하나 소개한다. 옛날에 바짝말린 굴껍질을 태워 그 연기를 쐬어주는 데, 하루 4~5 차례씩 2~3주일 계속하면 효과가 있다고 한다.

★ 생선가시 목에 걸렸을 땀 달걀마시면 OK

생선을 먹다가 목에 가시가 걸리게 되면 보통 된밥 한 숟가락을 입에 넣은 다음 씹지않고 꿀떡 삼키곤 하는데 그리 쉽게 내려가지는 않는다. 이럴 때는 달걀 하나를 깨어 꿀떡 마시거나, 식초물로 몇 번 입안과 목을 헹구면 가시가 내려간다.

★ 담배 피운 뒤 머리 아플 땀 날 된장 섭취

담배를 처음 피웠거나 너무 많이 피워서 머리가 몹시 아플땀 날땀장을 먹어 보자. 신기할 정도로 두통이 사라진다.

땀장국을 마셔도 효과가 있다. 일본 음식인 미소시루도 효과가 있다고 한다.