

뇌 보호시스템의 대공무기체계 지상시설 적용에 대한 고찰

정경욱^{*,1)} · 심동혁¹⁾ · 손동협²⁾

¹⁾ LIG넥스원(주) L-SAM체계단

²⁾ 국방과학연구소 제1유도무기체계개발단

Review about the Lightning Protection System for Ground Facilities of Anti-aircraft Weapons System

Kyoungwook Jung^{*,1)} · Donghyouk Shim¹⁾ · Donghyeop Son²⁾

¹⁾ L-SAM System R&D, LIG Nex1, Co., Ltd., Korea

²⁾ The 1st Development Institute of Guided Weapon System, Agency for Defense Development, Korea

(Received 10 November 2020 / Revised 25 March 2021 / Accepted 21 May 2021)

Abstract

Recently, the incidence of lightning in Korea has been increasing more and more. The damage caused by lightning is also getting worse. Lightning protection system is a prerequisite, not a sufficient condition. Considering the characteristics of lightning, there is a high frequency of lightning strikes in highlands. So, high grades of LPS should be applied to ground facilities of anti-aircraft weapons systems. 4-Level LPS was applied on ground facilities of anti-aircraft weapons system based on lightning incidence rate in past. There are some possibilities of damage from lightning in anti-aircraft weapons system. So, we have to readjust the LPS level with grounding, lightning rods and surge protect device based on lightning incidence rate in now days. Propose 2-level LPS and design with lightning rods, surge protector, separated grounding in this paper.

Key Words : Lightning Protection(뇌 보호), Ground(접지), Lightning Rod(피뢰침), Surge Protector(서지보호기)

기 호 설 명

LPS : Lightning Protection System(뇌 보호 시스템)

IKL : Isokeraunic Level(낙뢰 발생 빈도)

SPD : Surge Protection Device(낙뢰보호기)

1. 서 론

기상청에 따르면 국내에서 최근 10년간 연평균 12.4만 회의 낙뢰가 발생하였다. 10년간 낙뢰로 인한 재산 피해는 748건이고, 이 중 전자 장비 고장이 372건으로 가장 많았으며 인명 피해는 총 46명의 사상자 중 감전 피해자가 44명을 차지하였다고 2019년 8월 1일 보도자료를 통해 행정안전부에서 발표하였다. 국내의 낙

* Corresponding author, E-mail: kyongwook.jung@lignex1.com
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

뢰 발생 빈도가 높아지면서 저전압으로 동작되는 차단 장비 및 시설들에 대한 뇌 보호 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 특히 대공무기체계와 같은 군용시설들은 산악지대와 같이 고도가 높은 곳에 설치되는 경우가 많아서 낙뢰 밀도가 높으며, 유도탄과 같이 폭발물이 있어 운용자와 그 주변 환경에 까지 큰 영향을 미치기 때문에 뇌 보호 시스템에 대해 철저한 대비를 할 필요성이 있다. 현재 대부분의 대공무기체계 지상장비는 보호레벨 IV로 뇌 보호시스템이 구성되어 있고 장비에 직접 피뢰침이 설치되는 등 보완이 필요하다. 뇌 보호 시스템은 접지, 피뢰침, 낙뢰보호기의 3가지로 크게 구분된다. 이 3가지에 대한 설계를 하기 위해서는 먼저 뇌 보호등급을 결정한 후, 이를 적용하여 접지공사 및 피뢰침, 낙뢰보호기 선정을 해야한다. 본 논문에서는 국내 낙뢰 상황과 KS C IEC62305에 따른 피뢰레벨II을 대공무기체계 지상시설에 적용하여 모든 장비 및 시설이 97 % 이상의 낙뢰로부터 보호받을 수 있는 뇌 보호시스템 기준을 제시하고자 한다¹⁾.

2. 뇌 보호등급 선정

뇌 보호등급은 뇌 보호시스템(LPS) 설계의 기본이 되는 뇌 전류 파라미터를 결정하는 것으로 필수조건이다. KS C IEC 62305-2의 위험 관리 절차에 따라 보호대상 건축물이 설치되는 건설지가 뇌 피해 취약지역인지 조사하고, 용도에 따라 적절한 보호효율을 결정하여 보호대상물의 종류, 중요도 등에 적절한 보호등급을 선정하여 뇌 보호시스템을 설계·시공한다. 보호등급과 보호효율의 관계는 아래 Table 1과 같다²⁾.

Table 1. Protection efficiency of LPS level

| 구분 | | LPS (뇌 보호 시스템) | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|------|------|------|
| | | I | II | III | IV |
| 뇌격전류 (kA) | 최대 | 200 | 150 | 100 | 100 |
| | 최소 | 3 | 5 | 10 | 16 |
| 회전구제반지름 (뇌격거리, m) | | 20 | 30 | 45 | 60 |
| 보호효율 | 뇌격전류 최대값 보다 작은 확률 | 0.99 | 0.98 | 0.95 | 0.95 |
| | 뇌격전류 최소값 보다 큰 확률 | 0.99 | 0.97 | 0.91 | 0.84 |

뇌 보호등급을 결정하기 위해서는 어떤 형태의 시설·장비 여부와 대상물이 어디에 위치하고 있는지를 고려하여야 한다. 어떤 형태의 시설·장비인지를 나타내는 구조는 A와 B 두 가지로 구분된다. 구조 A는 목조 및 그 밖의 뇌해상 목조에 준하는 구조를 의미하고 구조 B는 철근 콘크리트조 및 그 밖의 뇌해상 철근콘크리트에 준하는 구조를 의미한다. 건물의 시설 장소 1은 낙뢰발생빈도(IKL)30 미만의 시가지, 2는 IKL30 미만 평지의 단독 시설물, 3은 IKL30 미만 산 또는 언덕의 정상 혹은 벼랑 위 시설물을 의미한다. 장소 4는 IKL30 이상 시가지, 장소 5는 IKL30 이상 단독시설물, 장소 6은 IKL30 이상 산 또는 언덕의 정상 혹은 벼랑 위 시설물을 의미한다³⁾.

대공무기체계는 뇌해상 목조에 준하는 구조가 아니기 때문에 구조 B를 적용하고, 시설물의 용도상 c와 d에 해당한다. 건물의 높이는 20 m 이하로 적용하여 뇌 보호등급 II와 III을 선정해야 한다. 본 논문에서는 모든 용도의 시설물에 동일한 기준을 적용하기 위해 보호등급 II등급을 선정한다.

Table 2. Judgment criteria of LPS level

| 시설물의 용도 | 건물 | | 건물의 시설장소 | | | | | | |
|--------------|----|------------|-------------|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|
| | | | (IKL 30 미만) | | | (IKL 30 이상) | | | |
| | 구조 | 높이 (m) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| a. 단독건물 | A | 20↓ | × | IV | IV | IV | IV | IV | III |
| | B | 20↓ 20↑ | × | × | IV | IV | IV | IV | IV |
| b. 병력시설 | A | 20↓ 20↑ | IV | IV | IV | IV | III | III | II |
| | B | 20↓ 20↑ | IV | IV | IV | IV | IV | IV | IV |
| c. 첨단장비 정밀무기 | A | 20↓ 20↑ | IV | III | III | III | III | III | II |
| | B | 20↓ 20↑ | IV | IV | III | III | III | III | III |
| d. 위험물 | A | 20↓ | II | II | II | II | II | II | I |
| | B | 20↓ 20↑ | II | II | II | II | II | II | II |

3. 접지

접지는 낙뢰나 고압의 시설로부터 유입될 수 있는 고장 전류 등에 대해 안전하게 지표면으로 전압 또는 전류를 흘려보내 장비나 인명의 피해를 줄일 수 있는 기본적인 설비이다. 접지방식은 통합접지, 공통접지, 개별접지 방식이 있고, 통합접지나 공통접지와 같이 다중 접지의 경우에는 직렬/병렬로 접지를 연결하는 방식이 있다. 접지방식이 결정되면 용도에 따라 접지공사 기준을 정하여야 한다. 접지공사는 용도에 따라 1종, 2종, 3종, 특별 3종 접지 공사로 구분된다. 본 논문에서는 개별 장비의 중요도가 높은 군수분야의 특징을 고려하여 개별접지를 선정한다. 접지공사 기준에 따라 피뢰침은 10 Ω 이하를 만족하는 1종 접지공사를 적용하고 그 외 시설은 400 V 미만의 기계기구로 100 Ω 이하를 만족하는 3종 접지공사를 적용한다. 부대 환경에 따라 개별접지가 불가능한 경우에는 공통접지를 적용하되 단일접지전극이기 때문에 100 Ω 이하가 아닌 25 Ω 이하를 적용한다.

3.1 접지방식

접지방식의 종류에는 Table 3과 같이 통합접지, 공통접지, 개별접지가 존재한다.

Table 3. Classification of grounding method

| 구분 | 통합접지 | 공통접지 | 개별접지 |
|-------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 구성 방식 | 전력, 통신, 피뢰 등 모든 접지를 하나로 연결하는 방식 | 전력계통을 하나로 묶고 통신, 피뢰를 따로 접지하는 방식 | 전력, 통신, 피뢰의 접지를 분리하여 충분히 이격하는 방식 |
| 장점 | 장비간 전위차 발생 방지 | 보수점검이 편리함 | 지락전류 발생 시 독립적으로 보호가능 |
| 단점 | 지락전류 발생 시 다른 기기에 파급 우려 | 지락전류 발생 시 다른 기기에 파급 우려 | 시스템 간 전위차 발생 |

3.1.1 통합접지

통합접지는 Fig. 1과 같이 전력계통과 통신, 피뢰 설비를 모두 등전위하여 하나의 접지로 사용하는 방식이다. 모든 장비간에 전위차가 발생하지 않는 것이

장점이며, 지락전류 발생 시 다른 기기에 영향을 미칠 수 있다는 단점이 존재한다. 따라서 해당 접지의 위치에 맞는 낙뢰보호기가 필수로 요구된다. 접지 위치에 따른 낙뢰보호기 규격은 본 논문의 5장에서 살펴본다.

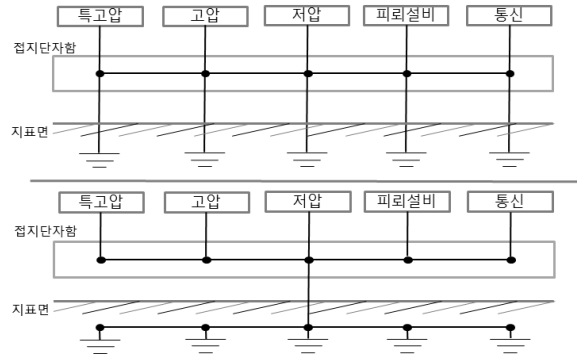


Fig. 1. Configuration of integrated grounding

3.1.1.1 직렬접지

직렬 일점 접지는 Fig. 2와 같이 직렬로 접지가 연결된 방식으로 구성이 단순하여 설치가 용이하고 사용도가 높다는 장점이 있으나, 공통 임피던스 결합에 의한 노이즈 측면에서 문제가 발생할 여지가 있다.

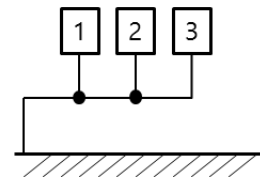


Fig. 2. Single point grounding(Serial)

3.1.1.2 병렬접지

병렬 일점 접지는 Fig. 3과 같이 병렬로 접지가 연결된 방식으로 시스템 규모가 클수록 구성이 복잡해지고 배선이 많아지는 단점이 있으나, 공통 임피던스 결합 문제가 없어 노이즈 측면에서 유리하다.

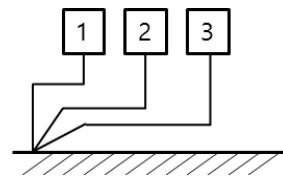


Fig. 3. Single point grounding(Parallel)

3.1.2 공통접지

공통접지는 Fig. 4와 같이 전력 계통을 하나로 묶고, 피뢰와 통신을 각각 따로 접지하여 구성하는 방식이다. 전력 계통은 통합접지와 같이 직렬접지 및 병렬접지가 가능하다. 전력 계통이 등전위로 묶이기 때문에 통합접지와 같이 지락전류 발생 시 다른 기기에도 영향을 미칠 수 있다는 단점이 존재하여 낙뢰보호기의 설치가 필수이다.

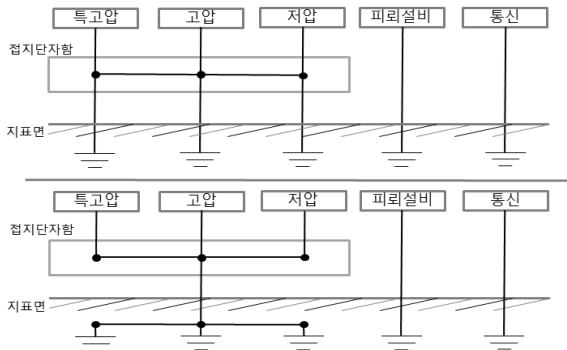


Fig. 4. Configuration of common grounding

3.1.3 개별접지

개별접지는 Fig. 5와 같이 특고압, 고압, 저압 등 각각의 전력 계통과 피뢰설비, 통신까지 모든 접지를 분리하여 충분한 이격거리를 두고 설치하는 방식이다. 충분한 이격거리가 확보되지 않으면 통합접지나 공통접지와 같이 인접한 장비에 손상을 주거나 오동작을 유발할 수 있어 이격거리 계산이 중요하다.

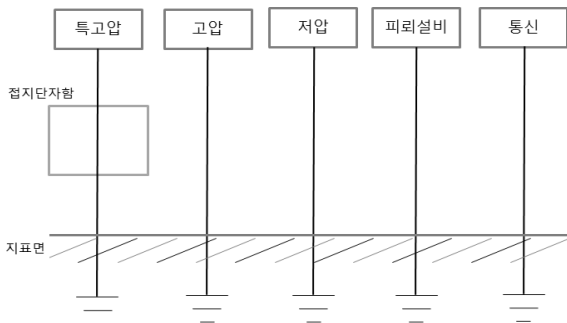


Fig. 5. Configuration of individual grounding

이격거리는 대지저항률, 전위 상승의 허용전압과 접지전극 접속점에서의 유입전류를 고려하여 아래의 식에 의해 산출할 수 있다.

$$D = \frac{\rho}{2\pi V} I \tag{1}$$

D : 이격거리 [m]

ρ : 대지 저항률 [$\Omega \cdot m$]

V : 전위 상승의 허용 전압 [V]

I : 접지전극 접속점에서의 유입전류 [A]

서지로 인한 고장 시에 최고 650 V를 허용 전압으로 대입하여 이격거리를 계산한다. 유입전류는 서지에 의한 유입전류와 지락에 의한 유입전류 중 예측이 가능한 지락 시 유입전류를 위의 식에 적용한다⁴⁾.

개별접지는 시스템 간의 전위차가 발생할 수 있다는 단점이 존재하고 이를 보완하기 위해 전위차해소기의 설치가 요구된다.

3.2 접지공사

개별접지를 적용할 경우 피뢰침은 10 Ω 이하를 만족해야하기 때문에 1종 접지 공사를 적용하고, 기타 시설은 400 V 미만의 기계기구로 100 Ω 을 만족하도록 3종 접지 공사를 적용한다.

Table 4. Standard of grounding work

| 구분 | 접지 저항 값 | 용도 |
|-------------|--------------------------------------|--|
| 1종 접지 공사 | 10 Ω 이하 | 고압, 특고압 기계기구의 외함 및 철대 피뢰기, 방전장치 등 |
| 2종 접지 공사 | $(\frac{150}{1선 지락전류}) \Omega$ 이하 | 변압기 2차 저압 측 한 단자 |
| 3종 접지 공사 | 100 Ω 이하 | 400 V 미만의 기계기구 지중선로, 전기육기의 금속제 외함 등 |
| 특별 3종 접지 공사 | 10 Ω 이하 | 400 V 이상의 기계 기구 플랑의 수중 조명 |

* 장비, 시설의 경우 단일접지전극의 접지 저항은 25 Ω 이하

단, Table 4의 주석과 같이 환경 등의 영향으로 개별접지가 어려운 경우 공통접지를 설치하고 25 Ω 이하를 유지해야한다.

3.3 접지전극

접지전극은 접지봉, 접지판, 매설지선 등 여러 가지 종류로 구성되어 있다. 접지 저항 값만 유지한다면 어느 접지전극을 쓰는지 중요하지 않다. 다만, 대공 체계와 같이 이동이 필요한 시설의 경우 이동 후 상대적으로 손쉬운 접지 설치를 위해 접지봉을 권장한다. 접지봉의 종류는 Table 5와 같이 접지동봉, 탄소접지봉, 전해질접지봉 등 다양하지만, 규격 상 접지동봉을 기준으로 한 설계방안만 제시가 되어 있기 때문에 접지동봉을 선정하고 환경과 대지저항에 따라 탄소접지봉이나 전해질접지봉을 사용할 수 있도록 한다.

Table 5. Kinds of grounding rod

| 구분 | 접지동봉 | 탄소접지봉 | 전해질접지봉 |
|-------|---|---|---|
| 형상 |  |  |  |
| 특징 | 접지봉이 굵을수록 저항이 낮아지며, 병렬로 연결하여 저항을 낮출 수 있음 | 도체 표면적을 극대화하여 저항을 낮추며 수분흡수력과 습도 유지력이 뛰어나 | 접지봉 내의 전해질 물질과 접지봉 주변에 첨가되는 저감제가 섞여 거대 접지봉이 되는 원리 |
| 시설 방안 | 지표면에서 75 cm 이상의 깊이에 시공 | 수평형태로 시공가능 | 일반적으로 20 m 천공 후 시공 |

접지봉의 저항은 아래의 식으로 계산할 수 있다⁵⁾.

$$R = \frac{\epsilon}{2\pi L} \left(\log \frac{4L}{r} - 1 \right) \quad (2)$$

R : 접지봉 1개의 접지저항 [Ω]

r : 접지봉 반지름 [cm]

L : 접지봉 길이 [cm]

ε : 대지 고유저항 [Ω/cm]

현재 군 시설물에 설치된 접지봉 보관함의 크기에 맞춰 접지봉의 길이를 1 m로 고정하고 두께를 변경하여 접지저항에 맞추어 설치하도록 한다. 대지 고유저항을 모래와 자갈이 섞인 토양의 평균저항 값인

15,800 Ω을 대입하면 반지름 45 mm 이상의 접지봉 1 개를 사용하여 23.87 Ω을 만족할 수 있다. 설치될 대지의 고유저항 측정값을 적용하여 접지봉의 반지름을 선정한다.





4. 피뢰침

피뢰침은 낙뢰를 유도하여 낙뢰로 인한 전압 또는 전류를 지표면으로 흘려보내 인명과 장비 및 시설을 보호하는 장비이다. 일반적으로 건물 상단이나 지표면에서 보호대상 보다 높은 길이로 설치된다. 피뢰침을 설치하기 위해서는 피뢰침의 종류를 선정해야 하고 뇌 보호등급에 따른 보호반경을 계산하여 모든 보호대상이 보호반경 안에 들어오도록 해야 한다.

4.1 피뢰침 선정

아래 Table 6과 같이 피뢰돌침, 스트리머 지연형, 쌍극자 방전분산형, 광역 ESE 등 여러 종류가 있다. KS C IEC62305 규격에서는 모든 피뢰침을 일반 피뢰돌침으로 인정하여 설계하도록 규정하고 있기 때문에 피뢰돌침 외의 다른 피뢰침의 특수성이 인정되지 않는다.

Table 6. Characteristic for kinds of lightning rod

| 구분 | 피뢰돌침 | 스트리머 지연형 | 쌍극자 방전분산형 | 광역 ESE |
|-------|---|--|---|---|
| 형상 |  |  |  |  |
| 동작 원리 | 수뢰부에서 상향 스트리머를 발생하여 뇌격을 흡수 | 다량의 이온방사로 낙뢰원인 제거 | 코로나 방전을 발생시켜 이온을 방사하여 낙뢰원인 완전제거 | 조기에 스트리머를 방사하여 보다 넓은 낙뢰 보호반경 형성 |
| 특징 | 높이가 높음 | 크기가 작음 | 크기가 작음 | 높고 큼 |
| | 저가 | 다소 고가 | 다소 고가 | 고가 |
| 비고 | 보호각도법 회전구체법 | 보호각도법 회전구체법 | 보호각도법 회전구체법 | 중형체적법 |

또한 피뢰침 비교 실험 결과를 보면 스트리머 지연형, 쌍극자 방전분산형, 광역 ESE 피뢰침 등이 피뢰돌침에 비해서 성능상의 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있다⁶⁾. 따라서 가격이 상대적으로 저렴하고 일반적으로 가장 많이 쓰이는 피뢰돌침으로 선정한다. 현재, 국내에 널리 쓰이는 광역 ESE 피뢰침이 인정되지 않기 때문에 상대적으로 훨씬 저렴한 피뢰돌침을 피뢰레벨에 맞게 설치하여 비용대효과를 늘릴 수 있다.

4.2 피뢰침 보호반경 계산법

피뢰침의 보호반경을 계산하기 위해서는 먼저 뇌 보호등급을 결정해야 하고, 앞서 2장에서 뇌 보호등급을 2등급으로 결정하였다. 보호등급에 맞게 보호반경을 계산하기 위해 보호반경 계산법을 선정해야 한다. 보호반경 계산법은 보호각도법, 회전구체법, 메쉬법 등의 세가지 방식으로 구분된다. 피뢰침은 보호각도법에 따라 설계하며, 보호각도법 적용이 어려운 경우 회전구체법을 사용한다. 피뢰침을 매쉬도체 등으로 사용할 때는 메쉬법을 적용한다. 본 논문에서는 보호각도법을 적용하여 보호반경을 계산한다.

4.2.1 보호각도법

Table 7. Calculation with protection angle method

| 보호등급 | 보호각도 α | | | |
|------|---------------|------|------|------|
| | 20 m | 30 m | 45 m | 60 m |
| I | 25° | * | * | * |
| II | 35° | 25° | * | * |
| III | 45° | 35° | 25° | * |
| IV | 55° | 45° | 35° | 25° |

주) *의 경우는 회전구체법을 적용

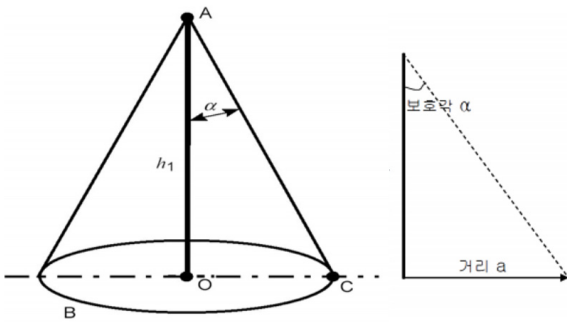


Fig. 6. Protection angle method

수직피뢰침에 의한 보호범위는 수뢰부 축의 꼭지점이 위로 놓이도록 세운 보호각 α인 원추형으로 되며, 보호각은 보호등급과 수뢰부시스템의 높이에 따라 Table 7과 같이 규정한다.

4.2.2 회전구체법

낙뢰는 귀환 뇌격 직전의 리더에서 가장 가까운 장소에 발생하는 상향스트리머가 발단된 곳(대지 또는 구조물이나 피뢰침)에 발생하게 된다. 2개 이상의 수뢰부에 동시에 접촉되도록 또는 1개 이상의 수뢰부와 대지에 동시에 접촉되도록 구체를 회전시킬 때에 구체표면으로부터 보호대상물 축을 보호범위로 하는 방법이 회전구체법이며, 이 회전 시킨 구체를 회전구체라고 한다.

Table 8. Calculation with rotational sphere method

| 보호등급 | R(회전구체의 반경) |
|------|-------------|
| I | 20 m |
| II | 30 m |
| III | 45 m |
| IV | 60 m |

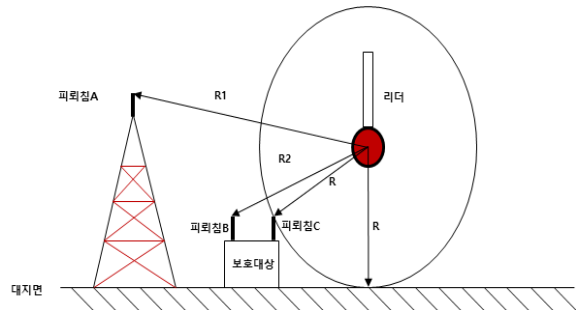


Fig. 7. Rotational sphere method

Fig. 7에서 R1, R2가 뇌격거리 R보다 크면 낙뢰는 C의 피뢰침이나 대지면에 떨어지게 된다. 보호등급에 따른 회전구체의 반경은 Table 8과 같다.

4.2.3 메쉬법

평탄면을 보호할 경우 수뢰도체나 메쉬도체를 사용하여 전체 표면을 보호할 때에는 메쉬법을 적용한다. 보호등급에 따른 메쉬폭의 크기는 Table 9와 같다.

Table 9. Calculation with mesh method

| 보호등급 | 메쉬폭 |
|------|------------------------|
| I | 5 × 5 m ² |
| II | 10 × 10 m ² |
| III | 15 × 15 m ² |
| IV | 20 × 20 m ² |

4.2.4 보호각도법을 적용한 보호반경 계산

대공무기체계의 각 시설물 및 장비의 높이는 7 m ~ 10 m로 10 m의 높이를 가장 넓게 보호할 수 있도록 23 m 피뢰침으로 36°의 보호각을 적용한다.

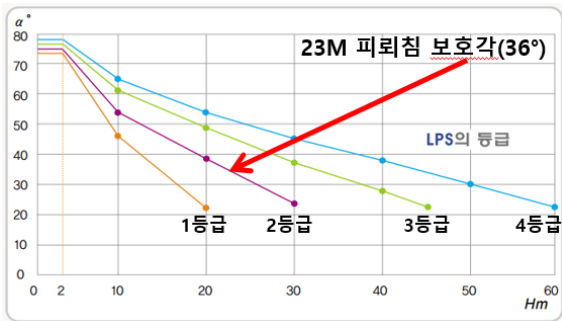


Fig. 8. Length of lightning rod and protection angle

- 주1) Fig. 8을 넘어서는 범위에는 적용 불가, 회전구체법과 메쉬도체 법만 적용가능
- 주2) H는 보호대상 지역 기준평면으로부터의 높이
- 주3) 높이 H가 2 m 이하인 경우 보호각은 불변

23 m 피뢰침으로 36°의 보호각을 적용하면 10 m 높이의 시설물은 반경 9.44 m의 범위를, 7 m 높이의 시설물은 11.62 m의 범위를 보호 받게 된다.

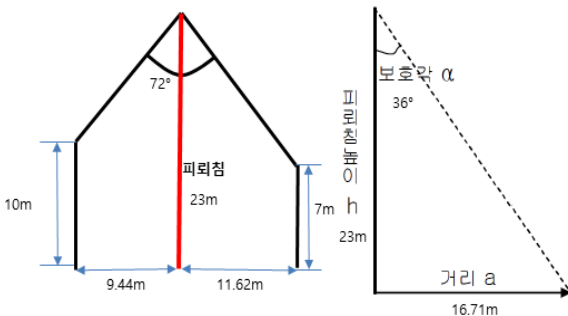


Fig. 9. Calculation about protection range

4.3 피뢰침 적용방안

대공무기체계의 예상 배치도에 모든 구역을 보호할 수 있도록 Fig. 10과 같이 설계한다.

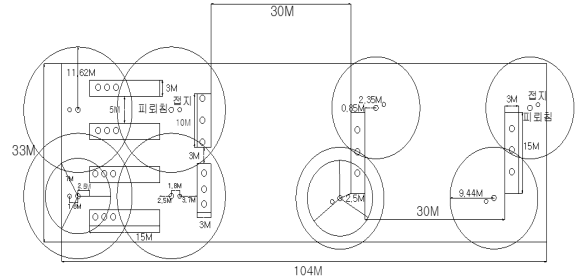


Fig. 10. Applied design for anti-air missile system

피뢰침을 설치하기 위해서는 1 m²의 공간이 필요하며, 일반적으로 20 ~ 25 m의 피뢰침을 고정하기 위하여 3개의 고정선이 7 m 반경으로 설치가 필요하다. 기술교범에 따라 피뢰침과 장비 및 시설을 2.5 m 이상 이격해야 하기 때문에 피뢰침의 고정선 또한 2.5 m 이상 이격하도록 설계한다. 이 때 피뢰침의 접지는 피뢰침을 중심으로 장비의 반대편으로 1.8 m 이상 이격하여 설치한다. Fig. 10과 같이 피뢰침설계 적용으로 5 kA ~ 150 kA의 뇌격전류에 대해 대공무기체계 전체를 보호할 수 있으며, 보호등급과 보호효율의 관계에 근거하여 97 %의 뇌격에 대한 피해를 방지할 수 있다.

5. 낙뢰보호기

낙뢰보호기는 전력계통의 전원, 통신, 신호 등을 통하여 발생, 침입되는 과도한 전압/전류로 인해 전자·전기기기의 파손/오작동 등을 보호하는 장비이다.

낙뢰보호기는 설치 유형에 따라 KS C 60364-5-53에 명시된 대로 Table 10과 같이 설치 기준이 구분된다. 1등급은 옥외에서 유입되는 경로로 Fig. 11의 ZONE 1, 2등급은 내부 분전반에서 유입되는 경로로 Fig. 11의 ZONE 2, 3등급은 콘센트와 같이 장비에 직접 유입되는 경로로 Fig. 11의 ZONE 3에 설치한다.

낙뢰보호기의 시험규격은 Table 11과 같이 나타난다. 뇌 보호등급 2등급을 선정하였기에 Table 1을 참고하면 뇌격전류는 최소 5 kA이다. 따라서 Class I에서는 10 kV/5 kA를 만족하는 낙뢰보호기를 선정하여야 하고 시험 규격 역시 10 kV/5 kA를 적용한다.

Table 10. Installation criteria for surge protect device

| 구분 | 직격뇌 | 간접뇌 | 유도뢰 | 방전뢰 |
|--------|---------------------|------------|---------------------|---------------|
| 내용 | 직접 뇌격 | 선로에 뇌격 | 뇌격지점 인근 매설 선로로 유입 | 상공에 유도된 전하 유입 |
| 에너지 크기 | 20 kV 이상, 300 kA 이상 | 6,000 V 이상 | - | - |
| 등급 | 1등급 | 2등급 or 3등급 | 2등급 or 3등급 | - |
| 해당 장비 | 주 배전반 주 전원반 | 차폐된 환경 | 분전반, 단독부하 제어반 | - |

Table 11. Standard for surge protect device grade

| 구분 | 낙뢰인가전압 (kV/kA) | 잔류전압 |
|-----------------|--|--------------|
| Class I (1등급) | 20 kV / 10 kA, 10 kV / 5 kA, 6 kV / 3 kA | 4 ~ 2.5 kV |
| Class II (2등급) | 6 kV / 3 kA, 4 kV / 2 kA, 2 kV / 1 kA | 2.5 ~ 1.5 kV |
| Class III (3등급) | 6 kV / -, 4 kV / -, 2 kV / - | 1.5 kV |

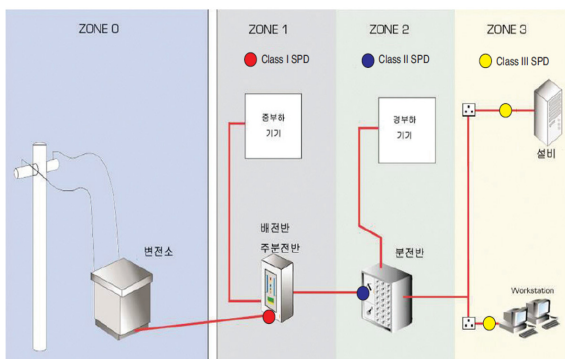


Fig. 11. Application standard for installation place^[7]

| ZONE 0 (외부) | ZONE 1 | ZONE 2 | ZONE 1 |
|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| | Class I - 10kV/5kA | Class II - 4kV/2kA | Class I - 2kV/- |

Fig. 12. Applied grade for each place in this paper

Zone 2에서는 잔류전압을 고려하여 4 kV ~ 2.5 kV 를 만족하는 낙뢰보호기를, Zone 3에서는 2 kV의 낙뢰보호기를 설치하여 전체 시스템을 보호할 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 최근 국내 추세에 맞춰 낙뢰를 대비하기 위해서 뇌 보호등급 2등급을 선정하였고 이에 따라 뇌 보호시스템은 뇌격전류 최소 5 kA, 최대 150 kA를 수용할 수 있어야 한다. 뇌 보호시스템은 크게 접지, 피뢰침, 낙뢰보호기 3가지로 구성이 되며, 장비간 손상을 방지하기 위해 개별접지를 우선한다. 접지공사는 피뢰침의 경우 1종 접지공사를 적용하고, 이외 장비 및 시설은 3종 접지공사를 적용하며 환경에 따라 개별접지를 사용하지 못할 경우 단일접지전극의 저항은 25 Ω 이하를 만족하도록 한다. 접지봉은 대기 환경에 따라 사용하며 접지저항을 맞추는 것을 우선한다. 피뢰침은 KS C IEC62305 규격에 따라 피뢰돌침으로 선정하고 보호각도법에 따라 계산하여 대공무기 체계 전체를 보호하도록 한다. 마지막으로 낙뢰보호기는 Zone에 따라서 Class I, II, III를 적용하고 Class I에서는 10 kV/5 kA, Class II에서는 4 kV/2 kA, Class III에서는 2 kV를 적용하여 전체 뇌 보호시스템을 구축한다.

Table 12. Proposed LPS in this paper

| LPS - 뇌 보호등급 II | | |
|-----------------|-----------|---|
| 접지 | 접지방식 | 개별접지 우선 (부대환경에 따라 공통접지 고려) |
| | 접지공사 | 피뢰침 - 1종 (10 Ω 이하) 피뢰침 외 - 3종 (100 Ω 이하) |
| | 접지봉 | 접지동봉 (길이 1 m, 반지름 450 mm) |
| 피뢰침 | 종류 | 피뢰돌침 |
| | 길이 | 23 m |
| 낙뢰보호기 | Class I | 10 kV / 5 kA |
| | Class II | 4 kV / 2 kA |
| | Class III | 2 kV / - |

본 논문에서 제시한 보호레벨 II에 따른 개별접지, 피뢰돌침, 낙뢰보호기의 구성으로 5 kA ~ 150 kA의 직격뇌는 피뢰침과 접지를 통해 해소하고 간접뇌와 유도뇌는 낙뢰보호기와 접지를 통해 잔류전압 1.5 kV 이하로 해소할 수 있다. 향후 실제 대공무기체계 지상 장비에 적용하여 검증된 데이터를 통해 전체 군수분야에 적용 가능한 규격으로 정리할 필요성이 있다.

References

- [1] Ky-Hong Lee, "Explanation of General Principles about Lightning Protection," The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers 29(1), 56-59, 2014. 1.
- [2] "Guide of Design for Lightning Protection System," Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korea, July, 2013.
- [3] "Lightning Protection and Grounding Facility Design Standards," Ministry of Defense Order, 2007.
- [4] "Separate Distance Specification between the Independent Grounding Installations," Telecommunications Technology Association of Korea, 2007.
- [5] Jun-Young Jy, "Electrical Work Design Practice Data Book," Dea Gwang, Korea, 1990.
- [6] A. E. Pedersen, "ESE and Other Non-conventional LP Systems," International Conference on Lightning Protection, 2004.
- [7] "Technical Data Book for Surge Protector," LS Electric, 2015.