

광역피뢰침 개발

· 이해근^o · 최상원^{oo}

^o용진기업 · ^{oo}한국산업안전공단 산업안전보건연구원

1. 서론

낙뢰는 적란운이라는 뇌운에서 발생하는데 뇌운의 형성은 내부의 상층공기와 하층공기가 불안정 할 때 수직불안정을 해소하기 위하여 강한 상승기류가 발생하고, 구름내부의 양전하와 음전하의 충돌로 다량의 잠열이 발생하면서 뇌운을 형성하게 된다. 이러한 뇌운들 내부에서는 많은 방전이 일어나게 되는데 운내방전, 운간방전, 대지방전 3가지로 분류 할 수 있다. 이중에 우리에게 직접적으로 피해를 주는 것이 대지방전, 즉 낙뢰인 것이다.

옛 부터 낙뢰는 천재지변이라 생각하는 사람이 많았다. 그러나 1752년 미국의 B. 프랭클린은 연 실험을 통하여 낙뢰가 천재지변이 아닌 대기중의 방전현상이라는 것을 확인하였고 피뢰침이라는 얇이 뾰족한 금속 막대를 건물의 옥상에 설치하여 낙뢰의 피해를 줄일 수 있는 방법을 개발하였다. 이것이 현재에도 많이 사용되고 있는 Franklin Rod(프랭클린 피뢰침, 일반피뢰침)의 시초가 되었고, 그로부터 수많은 과학자들은 낙뢰를 연구하기 시작하여 피뢰침의 기능을 향상시켰으며 현재에는 하나의 피뢰설비로 자리 잡고 있다.

피뢰침은 뇌운이 접근할 때 대지의 전계강도가 상승하여 피뢰침의 끝부분에 전하가 집중되면 상향 스트리머를 발진시키고, 낙뢰시 하향 스트리머와 접촉하여 뇌전류를 피뢰침으로 흡수, 대지로 방출하여 인명 및 재산피해를 막는 역할을 한다. 그러나 이러한 피뢰침의 역할에도 불구하고 낙뢰사고는 계속 증가하고 있는 실정이다.

2. 광역피뢰침의 원리 및 특징

2.1 광역피뢰침의 원리

광역피뢰침 내부에 있는 전자회로는 뇌운 접근시 지상의 전계강도가 상승할 때 내부 전자회로의 커패시터에 전하를 충전하여, 전자조건이 충족되면 광역피뢰침 주변의 공기가 이온화되어 일반피뢰침보다 빠르게 상향 스트리머를 발진시켜 낙뢰시 하강하는 스트리머와 먼저 접촉하여, 뇌전류를 안전하게 광역피뢰침으로 유도 흡인하여 대지로 안전하게 흘려보내는 원리를 갖는다. 그림 2.1은 광역피뢰침의 조기방전 회로의 구성도이다.

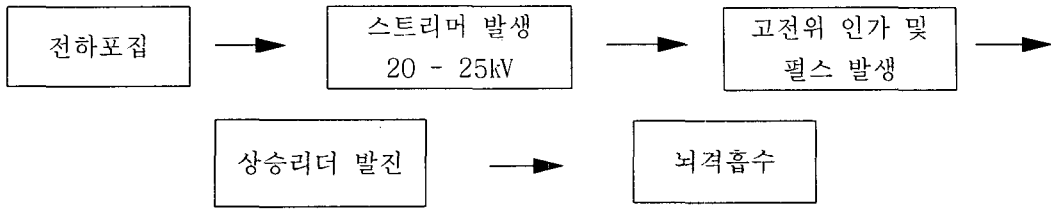


그림 2.1 광역피뢰침의 조기방전회로 구성도

일반적으로 유통되고 있는 광역피뢰침의 특징은 다음과 같다.

- 무전원 공급방식이다.
- 평상시에는 동작하지 않고 낙뢰시에만 동작한다.
- 양전하 음전하의 뇌운에도 각 극성에 대응하는 상향 스트리머를 방출한다.
- 다중 뇌격에도 연속적으로 반응한다.

2.2 각종 광역피뢰침의 외형 및 특성

우리나라에서도 광역피뢰침을 많이 설치하는 추세이지만 대부분 수입품이며 고가라는 단점을 가지고 있다. 그러나 현재 국내에서도 몇몇 기업들이 광역피뢰침 사업에 참여하여 제품을 개발 출시하고 있으며, 수입품과 대등하거나 성능이 더 우수한 제품들이 계속출시 되고 있다. 그림 2.2는 현재 우리나라에서 판매되고 있는 광역피뢰침의 몇 가지의 사진들이다.

광역피뢰침의 모양과 형태는 전부 다르지만 대지의 전계상승을 이용하여 공기를 이온화 시키는 원리는 같으며 특성 또한 비슷하다.

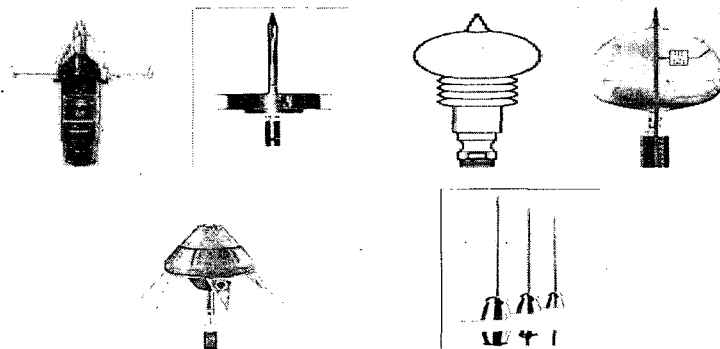


그림 2.2 각종 광역피뢰침

3. 광역피뢰침의 개발을 위한 기초실험

3.1 기초실험 구성

광역피뢰침의 방전특성을 알아보기 위하여 그림 3.1과 같은 실험회로를 구성하여 광역피뢰침 내부에 설치하여 실험하고자 하였다. 여러 가지 실험조건을 변화시켜 실험하였다. 그림 3.2는 실제 실험사진을 나타낸 것이다.

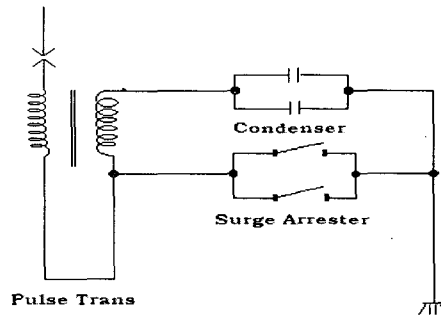


그림 3.1 실험 회로도

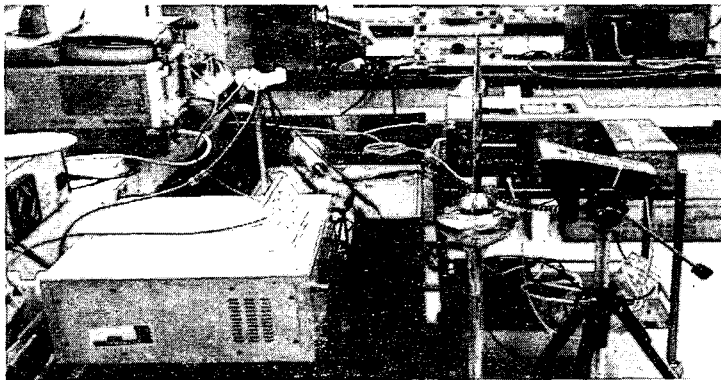


그림 3.2 실험 사진

광역피뢰침 내부에 설치되어있는 전자회로에 D.C.전압을 3 kV~10 kV까지 인위적으로 상승시켜 전압상승에 따른 파형의 변화, 스위칭 주파수의 변화를 Oscilloscope로 확인하였고, 전압 상승에 따른 양이온과 음이온의 변화량은 Ion Meter(Maker; SIMCO ARANSBURG CO., Model; ICM-1, Range; 1~1000nA)를 이용하여 광역피뢰침에서 발생하는 이온값을 측정하였다.

3.2 실험 결과

광역피뢰침의 실험시 C(Condenser)값의 변화, S.A(Surge Arrester) 설치 갯 수의 변화, P.T(Pulse Trans)의 변화 등 7가지의 조건은 표 3.1과 같으며 실험을 통한 결과 값은 그림 3.3~그림 3.6과 같이 나타났다.

표 3.1 실험조건

| 범례 기호 | 실험 조건 |
|-------|-------------------------------------|
| T1 | C=660pF, S.A=2개(병렬), P.T=700mH(2nd) |
| T2 | C=660pF, S.A=1개), P.T=700mH(2nd) |
| T3 | C=1320pF, S.A=1개1, P.T=700mH(2nd) |
| T4 | C=660pF, S.A=1개1, P.T=270mH(2nd) |
| T5 | C=1320pF, S.A=1개, P.T=270mH(2nd) |
| T6 | C=660pF, S.A=1개, P.T=200mH(2nd) |
| T7 | C=1320pF, S.A=1개, P.T=200mH(2nd) |

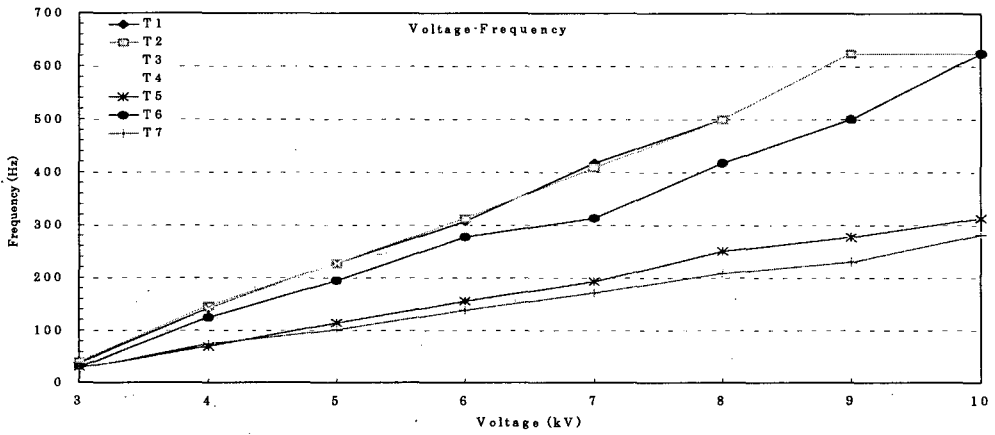


그림 3.3 입력전압과 스위칭 주파수의 측정결과

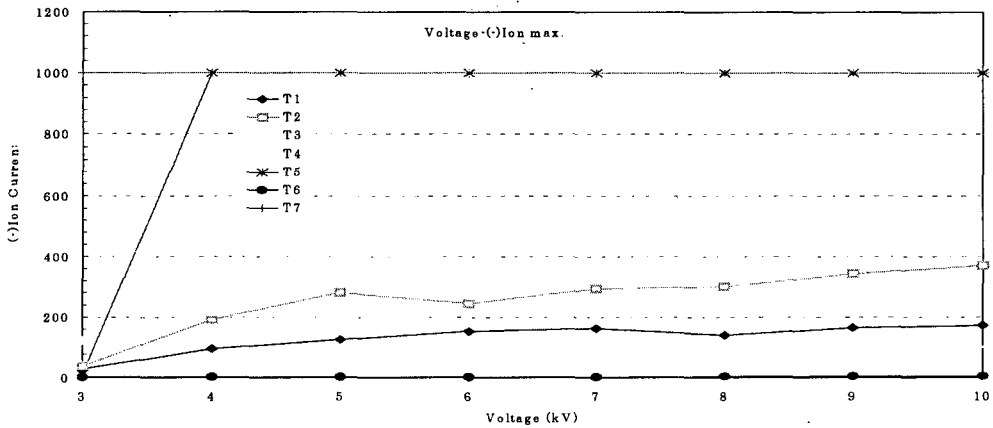


그림 3.4 입력전압과 음이온 전류의 측정결과

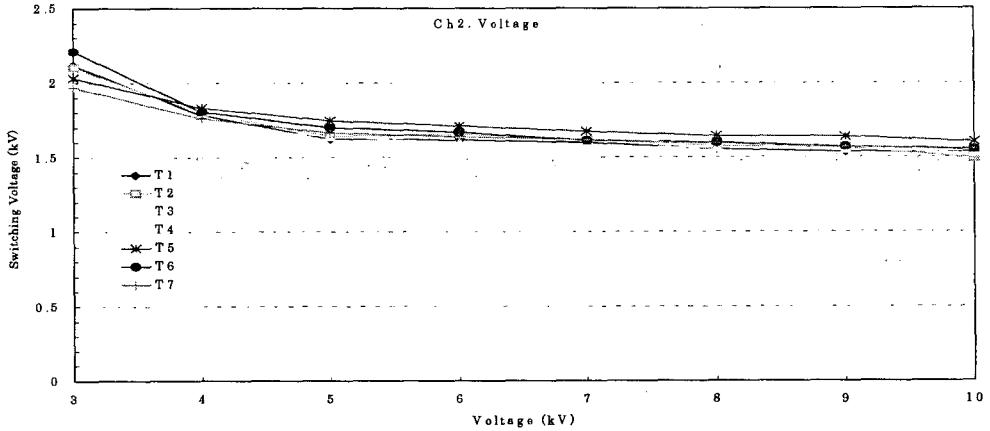


그림 3.5 입력전압과 스위칭 전압의 측정결과

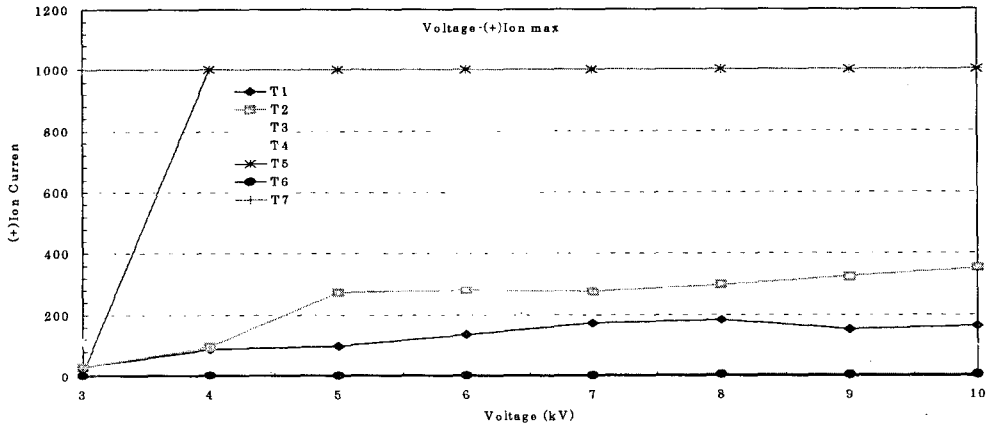


그림 3.6 입력전압과 양이온 전류의 측정결과

실험결과 그림 3.3에서 나타난 것과 같이 입력전압이 상승할 수록 스위칭 주파수 측정값이 증가하는 것으로 나타났다. 그 이유는 Pulse Trans의 저항값과 Condenser 용량의 크기에 따라 전압 상승에 따른 Surge Arrester의 빠른 동작에 의해 주파수가 상승하는 것으로 판단된다.

또한 그림 3.4와 그림 3.5의 입력전압과 양이온 전류의 그래프에서는 입력전압의 상승으로 스위칭 주파수의 증가에 따른 것으로 Condenser의 용량이 커질 수록 더욱 증가한다는 것을 알 수 있었고, 양이온의 방출량은 거의 비슷한 수치를 나타내고 있다. 그림 3.4와 그림 3.6의 그래프 중 T7의 그래프가 일직선으로 나타난 이유는 측정

장비의 한계값(1000nA)을 초과하였기 때문이다.

실험을 통하여 나타난 데이터와 자료를 종합해 볼 때 이온의 발생량은 입력전압으로 인한 주파수 상승과 Condenser의 용량이 커질 수록, 인덕턴스가 클 수록 이온의 방출량은 증가한다고 확인되었다.

4. 「ElecHippo」 광역피뢰침의 개발 및 특성

4.1 개발품의 형상

「ElecHippo」 광역피뢰침의 외형은 등근 접시형, 즉 U.F.O 형상이다. 다른 제품보다 디자인이 미려하여 어떠한 건축물과도 잘 어울리는 것이 장점이다. 현재에는 U.F.O 형상 외에 다양한 건축물의 미관을 고려하여 다양한 제품의 디자인을 고안하였고, 앞으로 계속 출시할 예정이다. 그림 4.1은 「ElecHippo」 광역피뢰침의 사진을 나타낸 것이다.

「ElecHippo」 광역피뢰침의 특징은 다음과 같다.

- 무전원 공급 방식이다.
- 평상시에는 동작하지 않고 낙뢰시만 동작한다.
- 보호범위가 일반 피뢰침 보다 넓다.
- 일반피뢰침으로 보호하기 힘든 측뢰도 완벽보호가 가능하다.
- 모든 재질은 Stainless-Steel로 부식이나 녹 이슬 염려가 없다.
- 유지 보수가 간단하다.
- 연속적인 뇌격에도 연속반응한다.
- 일반 피뢰침보다 미관이 뛰어나 건축물과 잘 어울린다.

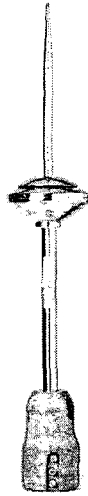


그림 4.1 「ElecHippo」 광역피뢰침의 사진

4.2 개발 시험

앞 3.의 기초실험을 바탕으로 제작한 시작품을 한국전기연구원에 시험을 의뢰하여 시험하였다. 두 가지 모델을 2004년 10월에 1차 시험하였지만 Franklin Rod와 「ElecHippo」 광역피뢰침 두 모델의 평균방전시간에서 많은 차이(Franklin Rod의 TP 107, YJ-ESEL-800의 TP 109, YJ-ESEL-1200의 TP 103)를 보이지 않았다.

2차시험은 1차시험 때의 문제점을 분석하여 내부 전자회로의 문제점, 캡슐 위 덮개의 높이조절, 침봉의 끝부분, 수정 등 여러 가지 문제점을 보완하여 2005년 1월과 2005년3월에 YJ-ESEL-S800과 YJ-ESEL-S1200을 각각 시험하여 성공적인 결과를 얻었다. 아래 표 4.1은 「ElecHippo」 광역피뢰침의 최종 평균 방전시간차이다.

표 4.1 시험품과 Simple Rod의 방전시간 차 비교

| 「ElecHippo」 광역피뢰침 Model | 「ElecHippo」의 평균 방전 시간 | Simple Rod 평균 방전 시간 | 평균 방전시간 차이 |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|--------------|
| YJ-ESEL-S800 | 135.5 μ s | 160.9 μ s | 25.4 μ s |
| YJ-ESEL-S1200 | 111.2 μ s | | 49.7 μ s |

5. 결과

광역피뢰침에 관련된 국내외 관련기술 및 시장조사를 하였으며, 또한 개발을 위한 기초실험을 실시하여 「ElecHippo」라는 광역피뢰침을 개발하였다. 주된 연구내용의 결과는 다음과 같다.

(1) 국가공인시험기관의 시험결과, YJ-ESEL-S800은 Simple Rod의 평균방전시간보다 $25.4\mu\text{s}$ 빠르게 방전하여 81m의 보호반경을 검증받았으며, YJ-ESEL-S1200은 Simple Rod의 평균방전시간보다 $49.7\mu\text{s}$ 빠르게 방전하여 118m의 보호반경을 검증받았다.

(2) 이러한 수치는 수입제품보다 결코 뒤지지 않는 성능 및 내구성을 갖으며, 디자인 면에서도 우수하다고 생각된다. 아울러 「ElecHippo」광역피뢰침의 개발로 고가의 수입품을 대체하는 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] French Standard: C17-102, "Lighting Protection", 1995. 7
- [2] 한국산업안전공단 KOSHA CODE E-28-2002 피뢰설비의 설치에 관한기술지침
- [3] KS C IEC 61024-1: 2003 건축물 등의 뇌보호시스템
- [4] 피뢰침 관련 카다로그 등