

# 근접뢰에 유효한 복합형 저압 피뢰기의 개발

글 / 北川信一郎, 井上一男,  
野間直紀, 永井洋治,  
加藤修一朗 共著

역 / 김 대 홍 (해광엔지니어링 대표)  
강 인 권 (대우엔지니어링 전기기술사)

## 1. 개 요

고에너지 내량을 갖는 저압 피뢰기를 개발하기 위하여 저자들은 산화-아연 피뢰 소자와 황동(Brass)전극의 방전 갭을 조합하였다.

고에너지의 뇌 서지를 흡수하기 위한 특수한 연결 회로는 산화-아연 피뢰 소자와 방전 갭의 상호협조 작용에 의하여 이루어진다.

이러한 여러 소자로 구성된 피뢰기를 전원 수전단 패널, 통신선 또는 기타 신호 등에 설치함으로써 전원선 또는 신호선 등에 연결된 기기들을 근접 뇌격에 의한 뇌 서지에 대하여 효과적으로 보호할 수 있다.

## 2. 서 언

최근 가정용 전기기구는 전자제어회로를 내장한 것이 많고, 사무실, 공장 등에서는 컴퓨터 또는 컴퓨터 제어기기의 사용이 증가하고 있다.

이러한 기기들은 서지로서 침입하는 낙뢰 과전압에 대해서 취약하여 근접뇌에 의한 고장·오동작 발생률이 높다.

오늘날 이러한 기기를 뇌 서지로부터 지키는 것은 절박한 과제로 되어 있다. 또, 저압전원을 사용하는 전기기기, 통신기기들을 뇌 서지로부터 유효하게 보호하는 것도 중요한 보안문제 중의 하나이다.

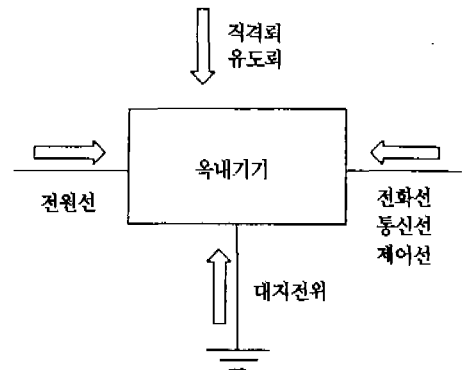
## 3. 종래 저압 피뢰기 및 기기 보호의 문제점

전기기에 대한 뇌 서지, 과전압의 침입은 그림 1에 모델로 나타낸 것과 같이 다음과 같은 형태로서 발생한다.

(1) 낙뢰의 직격 또는 수십 m 이내 근접뢰에 의한 유도에 의해서 기기에 직접 과전압, 과전류가 가해진다.

(2) 전원선로 계통에 낙뢰가 발생하고, 그 과전압이 전원선을 따라 전파되는 서지가 되어 기기에 침입한다.

(3) 전화선로 그 이외의 통신선로 제어선로 등 외부에 접속하는 선로계통에 낙뢰가 발생하여 그 과전



<그림 1> 뇌 서지 침입 경로를 나타낸 모의도

압이 선로를 따라 전파되는 서지가 되어 기기에 침입한다.

(4) 직격뢰, 근접뢰에 의한 대지 전위의 이상 상승으로 전원선 그 이외에 접속하는 선로에 의해서 전위에 고정되어 있는 기기에 이러한 이상 전압이 과전압이 되어 인가된다.

이러한 것에 대한 보호방법 중의 하나로서 전원 선로에 대해서는 절연 변압기에 의해서 뇌 과전압 침입을 방지하는 방법이 있다.

최근에는 저압용 피뢰기를 요소에 삽입하여 고장을 일으키는 과전압을 흡수하는 방법이 널리 채택되고 있다.

저압용 피뢰기는 산화-아연 소자, Gas Arrester (가스·봉입 방전관) 등이 널리 사용되고, 산화-아연 소자는 소형 경량이고, 전압·전류 특성이 우수하기 때문에 보급률이 높다. 다만, 사용 가능한 주파수 범위가 좁기 때문에 고주파회로, 신호회로에는 Gas Arrester가 사용된다.

이러한 피뢰소자는 전압·전류 특성에만 주목한다면, 침입하는 서지 전압을 억제할 수 있는 것이지만 현재 뇌에 의해 기인하는 저압기기의 고장이 많이 발생하고, 앞서 언급한 바와 같이 그 대책이 긴급한 과제가 되고 있다.

저압 전기기기의 뇌 서지, 뇌 과전압에 의한 피해 상황을 보면 다음 2가지 문제점이 포함되어 있다.

(1) 기 사용중인 산화-아연 소자, Gas Arrester는 에너지 내량이 작기 때문에 근접 뇌에 의한 에너지가 큰 서지에 의해 피뢰소자 자체가 가열 파괴되어 보호해야 할 기기에 직접 서지가 가해진다.

때로는 피뢰소자가 뇌 서지를 흡수하여 기기보호 역할도 하나, 동시에 소자가 가열되어 그 이후 뇌 서지 침입에 대하여는 기기가 무방비 상태가 된다.

(2) 반도체 소자가 내장된 최근의 기기에는 근래 소형 피뢰소자가 조합되어 있으나 대부분의 저압 기기에는 피뢰소자가 없고 뇌 서지에 대하여 무방비 상태에 놓여 있다.

따라서 문제 해결의 제 1단계는 근접 뇌 서지에 충분히 견딜 수 있는 에너지 내량이 큰 저압 피뢰기를 개발하는 것이고, 제 2단계는 이것을 각 설비마다 또는 각 가정에 저압 전원 선로 인입구 및 전화선 그 이외의 외부 선로의 인입구에 설치하여 옥내 전기기기 전체를 보호하는 것이다.

#### 4. 에너지 내량이 큰 저압용 복합형 피뢰기의 구성

저압용 피뢰기로서 현재 시판되고 있는 산화-아연 피뢰기 및 Gas Arrester의 에너지 내량은 보통 100Joule 정도이다.

예를 들면 소형 산화-아연 피뢰기에서는 A사 제품 직경 14mm형 Arrester가 116Joule, Gas Arrester에서는 B사 제품 Botton형이 90Joule이다.

한편, 낙뢰가 직격 물체에 미치는 파괴 에너지는  $10^4$ Joule정도라고 추정되고, 뇌피해 혹은 부근 옥내 전기기기에는 100Joule의 10배 혹은 20배를 초과하는 큰 에너지의 Impulse가 인가될 확률이 높다.

피뢰기는 이와 같은 과대한 에너지의 Impulse로부터 전기기기를 안전하게 보호할 수 있어야만 한다.

이것을 실현하기 위해서는 사용선로와 접지선로 사이에 금속 Block에 대향시킨 방전 갭(AIR Gap) 전극을 삽입하는 것이다.

황동 Block을 전극으로 사용하고 대향면적  $64\text{mm}^2$ , 갭 간극 0.4mm로 한 방전 갭(AIR Gap) 전극은  $10^3$  Joule 정도의 뇌 Impulse를 안전하게 흡수할 수 있다.

그러나 금속전극은 방전시간이 늦고 단독으로서는 유효한 피뢰기로서의 동작을 기대할 수 없다.

이 문제를 해결하기 위해서는 금속 전극과 산화-아연 피뢰기 혹은 Gas Arrester를 조합시켜 낮은 동작을 해소하는 것이다.

그런데 상기 Size의 금속전극(AIR Gap)에 산화-아연 소자 혹은 Gas Arrester를 병렬로 결합해도 보호 협조 작용을 얻을 수 없다.

고전압·고에너지의 서지가 인가되면 우선 산화-아연 피뢰기 혹은 Gas Arrester가 열 파괴되어 그 후 서지의 고전압이 금속 전극에 인가되어 전극의 방전이 개시되어 고에너지 흡수가 되기 때문이다.

저자는 산화-아연 소자(혹은 가스 어레스터)에 직렬 저항을 연결한 회로소자를 금속 전극(AIR Gap)과 병렬로 조합함으로써 양자의 보호 협조 작용을 실현했다.

실제로 고에너지를 안전하게 흡수하는 데는 직렬 저항은 무유도(無誘導)로서 충분히 큰 용량을 갖지 않으면 안된다.

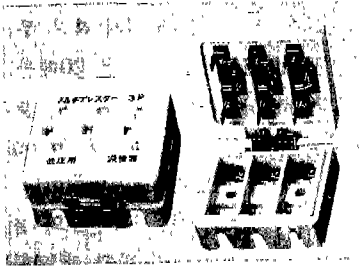
다음은 실제 예에 의해서 그 동작원리를 설명하려

한다.

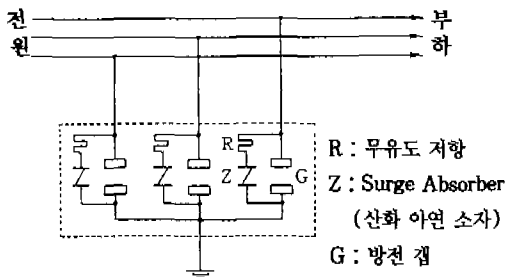
### 5. 에너지 내량이 큰 저압용 복합형 피뢰기의 동작 특성

그림 2는 이러한 구성에 의하여 개발·제조된 3상 200V용 복합형 피뢰기의 외관을 나타내고, 그림 3의 회로도에는 전원선로에의 접속법을 나타낸다.

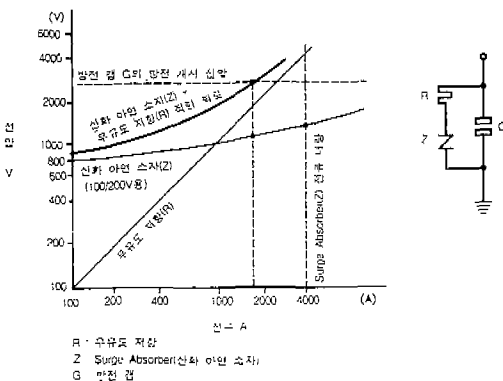
그림 4는 소자 하나의 회로도(우)와 그 동작 특성을 나타내는 그래프이다.



<그림 2> 3상 200V 전원용 복합형 피뢰기의 외형



<그림 3> 3상 전원용 복합형 피뢰기 전원선, 접지선에의 접속법



<그림 4> 복합형 피뢰기의 회로도(우)와 특성을 나타내는 그래프(좌)

방전 갭 G는 황동각봉(黃銅角棒)을 대향시켜 극판 면적  $64\text{mm}^2$ , 갭 간극  $0.4\text{mm}$ 이다.

무유도 저항 R는 직경  $0.4\text{mm}$  니크롬선의 파선 형태의 권선으로서 저항은  $1\Omega$ , 전력용량  $100\text{W}$  이상이다.

산화-아연 소자 Z는 A사 제품 Z LAP ENB 461 D-20A를 사용하여 그 전압-전류 특성은 그림 4의 그래프로 나타내어진다. 이 소자의 에너지 내량은  $99\text{Joule}$ , 뇌 임펄스 전류에 대한 에너지 내량은  $4,000\text{A}$ 로, 이런 종류의 것으로서는 에너지 내량이 비교적 크다.

이것을 방전 갭 G와 병렬 접속해도 전술한 바와 같이 양자의 협조 보호 작용이 이루어지지 않는다.

방전 갭 G의 아크 방전 개시 전압(이하 아크 전압으로 약칭함)은  $3,000\text{V}$  정도이기 때문에 단순한 병렬 접속으로서는 산화-아연 소자가 열 파괴한 후부터 갭 G에 아크 방전이 일어난다.

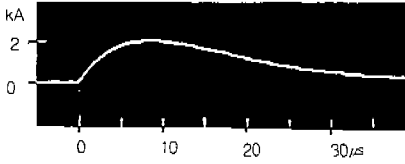
그림 4의 좌측 그래프로서 무유도 저항 R의 전압-전류 특성은 그림에서 직선이 되고, 이것을 산화-아연 소자 Z에 직렬 접속한 회로의 전압-전류 특성은 그림의 굵은 곡선이 되고, 전류치가 약  $2,000\text{A}$ 에서 아크 전압선과 교차한다.

이 회로 Gap G와 병렬로 접속한 그림 4 우측의 복합 회로를 상선(相線)과 접지 전극간에 삼입하면서 서지 전류가 침입할 때  $2,000\text{A}$  이하일 때는 전원선 전압은 굵은 곡선으로서 억제되어 서지 전류가 이 값을 초과하면 Gap G가 아크 단락되어 서지 전압은 급격히 저하해서 전원 전압 정도가 되고, 서지 전류는 방전전류가 되어 접지전극으로 방출된다.

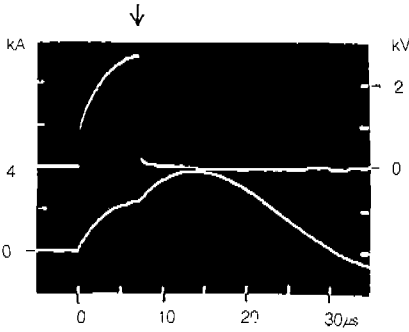
산화-아연 소자 Z는 전류가 항상  $2,000\text{A}$  이하로 억제되어 내량전류  $4,000\text{A}$ 를 초과하지 않으므로 열 파괴로부터 완전히 보호할 수 있다.

### 6. 에너지 내량이 큰 저압용 복합형 피뢰기의 특성 측정

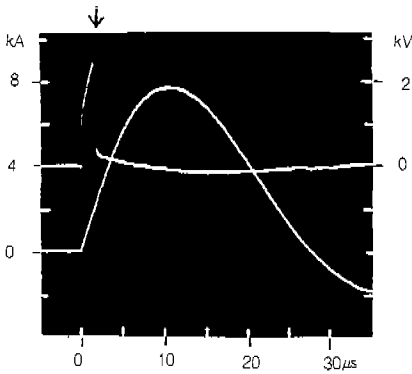
이 복합형 피뢰기는 동작기간 중에 방전 갭의 아크 단락이 일어나기 때문에 에너지 내량은 방전 갭의 에너지 내량이 되고, 그 값은 제 4절에서 설명한 것과 같이  $10^3\text{Joule}$  정도 된다. 실제로 에너지가 큰 서지 입력으로서 전류 파고치의 높은 임펄스 전류를 인가하여 제 5절에서 설명한 동작 특성을 실측하였다.



<그림 5> 측정에 사용한 임펄스 전류 파형



<그림 6> 복합형 피뢰기의 응답 파형 I



<그림 7> 복합형 피뢰기의 응답 파형 II

인가된 임펄스 전류의 파형은 그림 5에 나타난 것과 같이  $8/20 \mu\text{S}$ 이다.

그림 6은 전류 파괴치가 40kA가 되었을 때의 전압·전류 파형으로 화살표 시점에서 갭이 아크 단락하여 전압이 0(ZERO) 가까이 저하하고 있다.

여기까지 전압·전류 곡선은 산화-아연 소자의 특성에서 일정하게 되어 산화-아연 소자에 흐르는 전류는 2,400A에 달하지만 이 시점에서부터 급속하게 저하하여 소자의 열 파괴위험은 없고 아크전압이 2.6kV이었다. 이 시점에서 전압·전류 특성은 갭의 방전 특성이 된다.

그림 7은 커다란 전류 임펄스를 인가 하였을 때의 전압·전류 파형으로 전압의 급상승에 대응하여 좀더 빠르게 아크 단락이 일어나고, 전압·전류 특성은 갭의 방전 특성으로 이행하고 있다.

아크 전압은 같은 2.6kV로, 산화-아연 소자에 흐르는 전류의 최고치는 변하지 않고 그대로이다.

전류 파괴치가 7.6kA에 달하고 이것에 대응하는 에너지가 안전하게 흡수되고 있다.

게다가 전류치의 커다란 임펄스를 인가하면 보다 조기에 갭의 아크 단락이 일어나고 서지 전류는 방전전류로 되어 흡수된다.

이러한 측정을 통해서 방전 갭, 즉 황동전극을 응용 파괴할 때까지 서지 전압은 아크 전압의 몇 분의 일 정도로 억제되어 복합형 피뢰기는 파괴되지 않는다.

방전 갭(황동전극)의 파괴 에너지를 실측하지 않았지만 황동각봉(黃銅角棒)을 대상시켜 극판면적  $64\text{mm}^2$ , 갭 간극 0.4mm로 한 본 전극은  $10^3\text{Joule}$ 의 에너지에 충분히 견딜 수 있다고 생각된다.

그림 2에서 보는 것과 같이 모든 소자는 자기제 용기에 수납되어 있기 때문에 아크에 의한 소손, 발화의 위험성은 전혀 없다.

본 피뢰기는 예상되는 최대급의 임펄스 에너지를 안전하게 흡수 가능하고, 후술하는 바와 같이 낙뢰다지역의 건축물에 설치하여 직격뢰와 근접 뇌격에 대해 건축물 내의 기기를 보호한 실적을 많이 가지고 있다.

## 7. 피뢰기의 속류시험

본 피뢰기 또는 Gas Arrester와 같이 Gap의 방전에 의해 서지 전압을 억제하는 방식의 피뢰기에서는 서지 전압 소멸 후에도 전원 전압에 의해서 갭의 아크 방전이 유지되어 아크에 의한 전원의 접지락이 지속될 가능성이 있다.

이와 같이 지속되는 단락전류를 속류(Dynamic Current)라 한다. 속류는 전원 전압을 이상 저하시켜 다량의 열을 발생해서 소손, 화재의 원인이 되기 때문에 피뢰기는 사용조건하에서 속류를 발생하면 안된다.

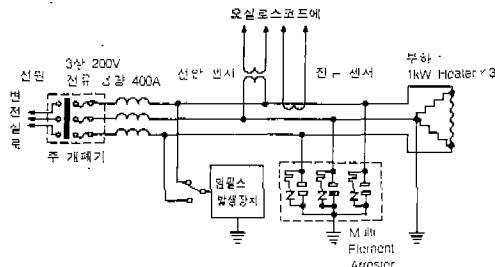
갭 간극 0.4mm의 본 피뢰기 방전 갭의 아크 전압은 2.6kV이다. 파두장(波頭長)  $1\mu\text{S}$ , 파미장(波尾長)  $40\mu\text{S}$ 정도의 단시간 뇌 임펄스에 의해 이 Gap에 아크 방전이 발생해도 교류 100V, 200V의 전원 전압에 의한 속류 아크가 유발되는 확률은 매우 낮다고 생각할 수 있으나 실험에 의해서 이것을 검증하였다.

동경도립과학기술대학의 실험실에서 용량 3상 200 kVA 변압기에 직결한 전류 용량 400A의 전원 회로로 시험하였다.

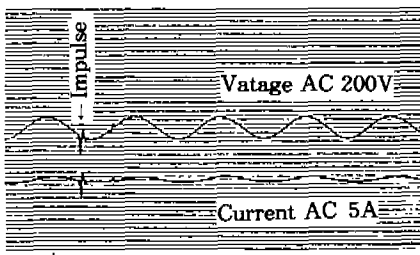
이 전원회로는 서로 임피던스가 가장 낮은 부류에 속하고 속류가 매우 발생하기 쉬운 조건을 구비하고 있다.

따라서 본 피뢰기가 실제로 사용되는 경우에는 가장 가혹한 조건하에서 속류 발생의 유무를 조사한 것이 된다.

시험 회로의 개요는 그림 8에 나타낸다.



<그림 8> 속류 실험 모의 접속도



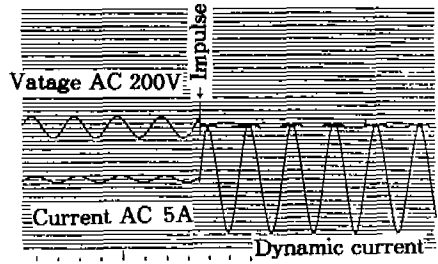
<그림 9> 속류 실험결과를 나타내는 전원 파형 (속류 파형이 없을 경우)

이 실험에서는 3상의 중심선이 접지되어 있기 때문에 이것을 저 임피던스 선으로 피뢰기 및 임펄스 전압 발생 장치의 접지단자에 연결했다.

피뢰회로를 접속하고 이 회로에 파고치 6~7kV의 뇌 임펄스를 인가하여 전류 센서, 전압 센서를 설치하여 기록 장치에 연결해서 임펄스를 인가한 전후의 전압·전류 파형을 기록하였다.

시험결과 하나의 예를 그림 9에 나타낸다.

시험 회로의 전압·전류 양 파형에 인가된 임펄스 파형의 중첩이 보여지나 속류는 발생하지 않았다.



<그림 10> 속류 시험 결과를 나타내는 전원 파형 (속류 발생의 경우)

50Hz 교류파형의 다른 위상점에 임펄스를 인가하기 때문에 합계 30회의 임펄스를 가해 보았으나 속류 발생은 전혀 없었다.

그림 10은 속류가 발생된 경우의 파형 기록을 나타낸다.

방전 갭의 아크가 계속하여 실효치 약 60A라는 큰 전류가 계속하여 흐르고(속류) 전원전압이 200V에서 30V 정도로 저하되고 있다. 이것은 전술한 복합형 피뢰기의 황동전극을 같은 크기의 탄소전극으로 대체하였을 때의 결과이다.

탄소전극에서는 아크 방전 전압이 금속전극보다 낮기 때문에 속류가 발생되었다. 갭의 아크 방전 전압이 사용회로의 전원전압에 근접할 때 속류 발생의 가능성이 높아진다.

동일 현상의 갭에서는 아크 방전 전압은 전극의 재질에 좌우되어 금속전극에 비하여 탄소전극이 현저하게 낮고, 금속 중에는 철이 비교적 낮으며, 황동(Brass)은 통상 사용되는 금속 중에서 가장 높다.

100V, 200V 전원용으로 설계한 본 복합형 피뢰기는 황동을 전극으로 사용하고, 속류 발생의 가능성을 아주 작게하고 있다.

## 8. 사용 목적별 복합형 피뢰기

3절에서 언급한 전화선, 통신선, 제어선과 대지 전위간의 뇌 과전압 발생에 의한 장애를 각각의 사용 전압에 대응해서 설계된 동 원리의 복합형 피뢰기를 선로의 인입구와 전지단자 사이에 설치하는 것으로 방지할 수 있다.

이 목적을 위해서 24V, 48V의 제어회로 및 전화선로용의 복합형 피뢰기가 개발되어 「Multi-Arrester·S」 및 「Multi-Arrester·ST」 라는 상품

명으로 제품화되어 있다.

전화기에 대해서는 NTT 규격의 보안기(피뢰기)가 각 호마다 설치되어 있지만, 근접 뇌에 의한 에너지가 큰 서지로 파괴되어 전화가 불통되는 사고가 때때로 발생하고 있다.

「Multi-Arrester-ST」를 전화선 인입구에 설치함으로써 충분한 안전을 확보할 수 있다. 최근 FAX, 음성 녹음 전화 등 100V 전원을 사용하는 통신기기가 보급되어 있다.

이런 종류의 통신기기의 사용에 있어서는 전원 인입구 배전반 내에 「Multi-Arrester-3P 또는 2P」를 전화선 인입구에는 「Multi-Arrester-ST」를 사용하면 근접 뇌에 의한 뇌 장애는 완벽하게 보호된다.

### 9. 낙뢰에 대한 본 피뢰기의 실적

복합형 저압 피뢰기는 100V, 200V 전원용 및 통신 회로용, 제어 회로용과 함께 판매한지 5년여가 경과하였고 전국(일본) 골프장, 공공시설, 산업시설, 공장 등에 설치되어 기기 보호 실적을 많이 가지고 있으며 대표적으로는 아래의 실제 예를 들어본다.

#### (1) 스소노 컨트리 클럽

스소노시 스소노 골프장에서는 1986년 10월 클럽 하우스, 관리동, 코스 매점 2개소, PUMP 시설 2개소(45톤 탱크 및 350톤 탱크), 벨트 컨베이어 시설 등에 전원 회로 및 제어 회로용 복합형 피뢰기를 설치하였다.

그 해 12월 15일 새벽, 계절에 맞지 않는(동절기이므로) 뇌우가 몰아쳐 45톤 탱크에서 6m 떨어진 나무에 낙뢰되어 골프장 내에 아래와 같은 피해가 발생하였다.

- a. 클럽 하우스내의 전화 교환기 기판이 전부 교환을 요하는 소손 사고
- b. 펌프 시설 2개소의 제어, 경보 회로가 고장
- c. 스프링 쿨러 설비의 Solenoid Valve가 파손되고, 그 제어 회로 고장

낙뢰는 보통 에너지가 매우 크기 때문에 이와 같은 광범위한 피해를 일으켰으나 복합형 피뢰기가 설치되어 있었던 클럽 하우스, 관리동, 매점 등의 전기기기는 모두 보호되었다.

클럽 하우스의 전화 교환기는 파손되었으나 컴퓨터는 아무 피해가 없었다.

근접 뇌의 피해를 입은 45톤 펌프 하우스에서는 복합형 피뢰기의 황동판 전극의 일부가 용융되어 산화-아연 소자가 열 파괴되었으나, 펌프 모터는 완전히 보호되었다(주기: 이때 설치되었던 전원회로용 복합형 피뢰기는 개발 초기의 것으로 방전 접의 전극은 황동판을 사용했었다. 본 논문에서 다루는 전극에 황동각봉(黃銅角棒)을 사용했던 복합형 피뢰기 Multi-Arrester-3P 및 2P는 설치 후 용융된 예는 없었다).

#### (2) 가네자와 의과대학 병원

가네자와시 근교에 있는 의과 대학에서는 1987년 12월 및 1988년 11월에 낙뢰에 의해서 약 1,300회로의 전화가 불통되었고 공조·급배수 제어회로, 자동 화재 경보회로 등에서 고장이 발생하여 병원 기능이 마비되는 큰 사고가 2회에 걸쳐 있었다.

이에 대한 대책으로 1988년 12월부터 1989년 3월에 걸쳐 전원회로에는 200V급 및 100V용 복합형 저압 피뢰기 「Multi-Arrester-3P 및 2P」를, 전화선 전회로(약 1,500회로)에는 전화선 회로용 복합형 피뢰기 「Multi-Arrester-ST」를 설치했다.

설치 후 동절기 뇌 시즌이 2회 경과되고, 1991년 1월에는 건물 옥상의 피뢰침에 낙뢰가 있었으나 피해는 발생하지 않았다.

#### (3) 까가 관음

까가시 까가 관음사(寺)에는 지상고 73m의 콘크리트제 관음 입상과 본당, 33칸당, 금석당, 본존불당, 미술품 등의 시설이 있다.

여기에서도 동절기의 뇌의 피해가 커서 1987년 12월, 1988년 1월의 낙뢰로 관음상 두부의 8개소가 손상되었으며 계다가 에어컨 제어회로, 상수도 제어회로, 화재 탐지회로, 방송회로가 고장이 났고 소화전 펌프 배전반이 소손되었다.

전원회로의 요소에는 표면방전방식의 저압 피뢰기가 설치되어 있었으나 에너지 내량의 부족으로 보호되지 않았다.

대책으로 1989년 11월에 200V 및 100V용 복합형 피뢰기 「Multi-Arrester-3P 또는 2P」 및 통신·제어 회로용의 복합 피뢰기 「Multi-Arrester-S」를 설치했다.

이 시설물로 동계 뇌 시즌이 2회나 경과했으나 기기의 피해는 전혀 없었다.

다만 설치한 복합형 피뢰기에는 전원회로용 및 통

신·제어 회로용과 함께 에너지가 큰 서지로서 자기  
제 용기 내부가 검게되고 산화-아연 소자가 파괴되  
는 일이 생겼다.

이 경우의 침입 서지 에너지는 10<sup>4</sup>Joule 이상으로  
추정되며 이 서지가 어떤 낙뢰, 어떤 경로로 침입하  
였는지의 상세한 것은 앞으로도 계속 검토해 보아야  
한다. 동절기 뇌운에서는 지상고 73m라고 하는 관  
음 입상이 보통과는 다른 큰 에너지의 낙뢰를 유인  
하였을 가능성이 높다.

#### (4) 아오야마 대학 캠퍼스

1987년 8월 6일, 캠퍼스 내 약간 높은 산봉우리  
에 설치한 고층 안테나에 낙뢰하여 체육관 중앙 감  
시반, 전화 교환 설비, 방송 설비 등 기기손상, PLC  
기관소손 등의 광범위한 사고가 발생했다.

대책으로 요소에 「Multi-Arrester·2P」와 Multi  
-Arrester·S」를 설치한 후 오늘날까지 4년여 경과  
하였으나 전기기기의 파손 사고는 발생하지 않았다.

작년 뇌우기(雷雨期) 전에 Multi-Arrester를 총  
점검하였을 때 TV 안테나 회로의 「Multi-Arre-  
ster·S」에 안테나 직격뢰를 나타내는 파손이 발견되  
었다.

#### (5) 아비코 골프장

1990년 7월 26일, 코스 내 몇몇 곳에 낙뢰가 있  
어 매점에서부터 20m 이내의 소나무에 낙뢰가 있었  
으나 매점의 전기기기, Multi-Arrester에는 손상이  
전혀 없다.

이러한 실제 예에서 보듯이 동절기 뇌에는 보통  
때와는 다른 매우 큰 에너지를 갖는 낙뢰가 가끔 발  
생한다.

대전된 전하가 1,000쿨롬(Coulomb)에 이르고,

낙뢰 전류 파고치가 200kA를 초과하는 낙뢰가 가끔  
관측된다고 한다.

이것에 대해서 하절기의 낙뢰에는 직격을 받았던  
회로를 제외하면 전기기기는 물론 복합형 피뢰기에  
도 어떤 손상도 발생하지 않았다.

이상 전원회로, 통신·제어회로에 관련되는 뇌 서  
지에 대해서는 복합형 피뢰기의 설치가 유효한 보호  
방법이라는 것을 말했다.

3절에서 언급한 또다른 하나의 뇌 서지 침입 경로  
로서는 TV안테나에의 직격뢰, 근접낙뢰에 의한 뇌  
과전압의 유도가 있다. 이것에 대해서는 「TV 수상  
기의 안전대책」이라는 제목으로 1987년도 「전기 설  
비학회 연구발표회」에서 유효한 보호대책을 제시하  
였으므로 참고 바란다.

## 10. 결 언

본 연구에 의해서 개발된 복합형 피뢰기의 설치에  
의해서 하절기의 낙뢰로부터 옥내 저압전기기계 전  
체를 효과적으로 경제적으로 보호할 수 있는 것이  
명백해졌다.

동절기 뇌에 포함되는 파괴 에너지가 비정상적으  
로 과대한 낙뢰에 대해서 본 복합형 피뢰기가 그것  
을 언제나 보호해야 할 과제로서 이에 대해서는 앞  
으로 더욱 연구를 계속할 계획이다.

本稿는 日本 電氣設備學會의 河村達雄 會長의 諒  
解下에 翻譯한 것으로서 著作權은 上記協會에 있  
고, 翻譯責任은 海光엔지니어링에 있습니다.  
[出處] 日本電氣設備學會誌 1991년 10월호

# 내가 아낀 에너지 우리 가정 밝은 행복