

특집 : 방재설비(피뢰설비)

## 옥내전기설비의 피뢰에 관한 여러문제

李 廣 植 (嶺南大學校 電氣工學科 教授 / 工學博士)

鄭 龍 基 (義僑技術士考試院長 / 電氣 · 消防技術士)

### 1. 들어가는 말

건축물에 피뢰설비를 시설하는 목적은 뇌격을 돌침 혹은 용마루 위 도체 등 수뢰부에서 막아내서 뇌격전류를 피뢰도체를 통하여 안전하게 대지로 방류하는 일이다. 따라서 적절하게 설계·시공된 피뢰설비가 있는 건축물에서는 뇌격으로 인한 장애나 재해는 전무할 것이 목표로 된다.

일반적으로 건축물 안에는 수전설비, 전기배선과 전기기기, 통신배선과 통신기기 혹은 TV 피더 등의 도체계, OA기구나 ME 기기가 존재하는 경우가 많고 또 최근에는 대형 전자계산기가 시설되는 건축물도 드물지 않다. 이들 기기 및 배선의 도체는 그 기능상 피뢰설비규격(JIS A 4201 : 한국 KS C-9609)으로 규정한 일반금속체와 같이 접지할 수 없으므로 여러 가지 복잡한 문제가 생긴다. 즉, 이들 도체계에는 대지 및 배선간에 뇌격에 기인하는 전위차가 생기고 또 수전을 위한 인입선으로부터 뇌과전압(뇌서지)이 진입하는 일이 있으며 2차적 재해(플래시오버, 단락, 설비·기기 손상, 감전 등)를 발생할 우려가 있다. 또 뇌격시에 건축물 자체에 전위차가 생겨 뜻하지 않은 재해를 일으키는 수도 있다. 이들 뇌격에 기인하는 전위차나 진입 뇌서지는

건축물 또는 인입선과 이것이 접속되어 있는 전력선으로 뇌격시나 근방 낙뢰시에 발생하는데 그 양상은 건축물 규모 및 옥내 배선이나 전기 기기의 상태에서는 일정하지 않고 각각의 경우 대책을 고려하여야 하므로 포괄적 기준을 간략하게 나타내는 것은 어렵다.

따라서 본장에서는 뇌격으로 기인하는 상기한 전위차와 진입 뇌서지 및 이것에 의한 재해 방지에 관한 사고방식과 기본사항을 나타낸다.

또한 건축물 옥상에 시설하는 수전설비, 네온 표시등, TV안테나 등의 전기회로 및 설비는 피뢰설비 보호공간 안에 있도록 설치하는 것이 전제조건이다.

### 2. 뇌격시 건축물의 전위상승, 옥내 전위차와 유도전압

우뢰에 의하여 옥내에 각종 전기설비의 대지 및 배선간에 전위차가 생기는 것은 그 건축물(시설된 피뢰설비)에 뇌격이 있었던 경우와 건축물 근방에 낙뢰가 있었던 경우 전위차에는 건축물에 인입된 전력선 또는 통신선으로부터 진입하는 뇌서지(직격 뇌전압 및 유도 뇌전압)를 포함한다.

(1) 건축물에 뇌격이 있었던 경우

(a) 건축물의 피뢰도선과 접지극을 통하여 대지로 유입한다. 이 경우 피뢰도체의 대지에 이르기까지의 임피던스는 유입하는 뇌격전류가 급준파인 때 또는 초고층 건축물인 경우에는 파동 임피던스로서 생각하여야 하지만 이 이외의 경우 통상 근사적으로 집중 상수의 인덕턴스 L과 접지저항 R<sub>e</sub>의 직렬회로라고 간주된다. 이 회로에 뇌격전류 i(t)가 흐르면 그 정상에서는 다음 식으로 표시되는 대지전위가 생긴다. 실제로 이 전위는 대지면에 가까워질수록 작아진다.

$$e = L \frac{di(t)}{dt} + R_e i(t) \dots\dots\dots(1)$$

또 건축물 안에 있어서 피뢰도선 부근에 다른 도체계가 있을 때는 피뢰도체와 이 도체계의 사이에 일반적으로 (2)식으로 표시되는 전위차 V가 생긴다.

$$V = (1-k) [L \frac{di(t)}{dt} + R_e i(t)] \dots\dots\dots(2)$$

여기서 k는 피뢰도선과 부근의 다른 도체계와의 결합률(영향의 정도를 나타내는 계수)이며 1보다 작다. 이 전위차가 상기한 2개 도체계 공간거리의 절대내력을 넘으면 플래시오버를 발생하고 뇌격전류 일부가 피뢰도선으로부터 부근의 도체계로 유입하여 이것에 접속된 기기 등에 피해를 받는 원인이 된다.

(1)식의 e 및 (2)식의 V는 뇌격전류 외에 건축물 규모나 높이에 직접 관계하는 피뢰설비의 시설상황 및 피뢰도체의 가닥수와 그 간격에 따라 다르며 예로서 가닥수가 많아질수록 상승한 파동 임피던스는 작고 e 값 및 V값이 감소하는 경향으로 된다.

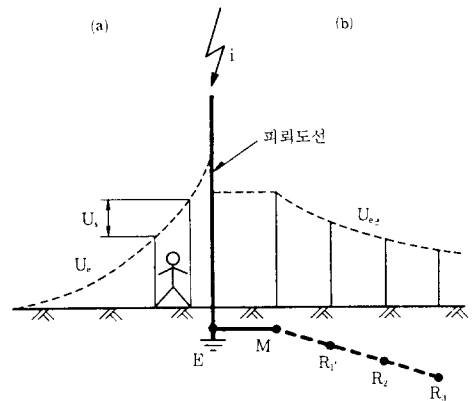
(b) 피뢰설비의 접지저항은 건축물 자체 보호에는 영향을 주지 않지만 주변 대지면의 전위분포에 관계한다. 즉, 그림 1(a)에 보인 것 같이 접지극으로부터 떨어질수록 보폭전압이 감소하고 또 이 그림 (b)에 보인 것같이 뱃쉬전극이나 링 전극을 매설하면 대지면에서 전위분포를 완화하여 보폭전압을 작게 할 수 있다.

(c) 한편, 상기한 피뢰도선과 부근의 다른 도체계 사이에 플래시오버가 발생하지 않는 경우우도

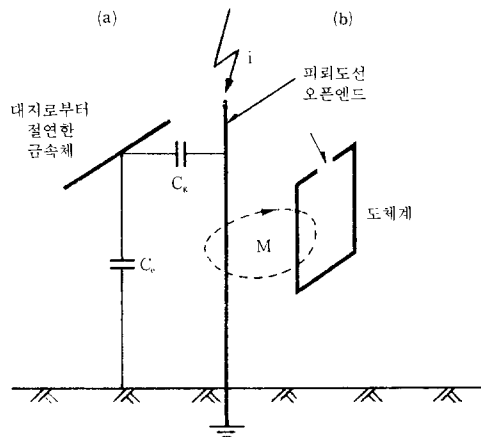
용량 결합으로 건축물 안의 절연 금속체에 전위가 생기는 경우, 또는 유도결합으로 도체계에 위험한 유도전압이 발생하는 수가 있다. 그림 2(a)에 있어서 피뢰도선 사이의 정전용량 C<sub>g</sub>에서 대지정전용량 C<sub>e</sub>의 절연금속체에 용량결합으로 생기는 전위 U<sub>e</sub>는 다음과 같이 표시된다.

$$U_e = \frac{C_g}{C_g + C_e} U \dots\dots\dots(3)$$

여기서 U는 피뢰도선에 뇌격전류가 흐름으로써 피뢰도선에 생기는 전위이다. 또 이 그림 (b)



U<sub>e</sub>: 대지전위 상승, U<sub>s</sub>: 보폭전압  
M: 접지망전극, E: 접지  
R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>: 서로 다른 직경과 매설깊이의 링전극  
그림 1. 피뢰설비 주변의 대지면적에 관련한 전위분포



C<sub>g</sub>: 피뢰도선과 절연금속체 사이의 정전용량  
C<sub>e</sub>: 절연금속체와 대지간 정전용량  
M: 상호임피던스  
그림 2. 뇌전류에 의한 유도전압 설명

에 보인 것같이 피뢰도선 가까이에 있는 도체계 (예 : 금속루프, 전기기구 내부 또는 그 밖의 도선)에 상호인덕턴스 M을 통하여 뇌격전류의 시간적 변화 di/dt에 의한 전자계 변화로 과도유도 전압 U<sub>1</sub>이 생긴다.

$$U_1 = M \frac{di}{dt} \dots\dots\dots(4)$$

이 유도전압 U<sub>1</sub>값은 도체계 크기 및 피뢰도선의 이격거리에 의하여 변한다. 건축물에서 피뢰도선 수를 늘리면 뇌격전류가 이들 피뢰도선으로 분류하므로 이 유도전압은 작아진다. 이와 같은 도체계(루프상 도체 등)의 오픈엔드에서 방전을 방지하기 위하여 뇌전류(피뢰도선)로부터의 거리를 크게 하든가 오픈엔드를 직접 혹은 과전압 보호장치를 통하여 접지계로 결합하든가 또는 도체계를 될수록 전자 차폐하는 대책이 필요하다.

(d) 건축물의 피뢰설비에 뇌격이 있었을 때 선행방전의 진전단계 및 뇌격 방전전하의 변화에 대응하여 지표면 부근 전계의 급변이 일어난다. 이 때문에 완전히 실효되어 있지 않은 도체계에는 유도 뇌서지가 발생한다. 예로서 TV 안테나 회로의 경우에는 이와 같은 유도 뇌서지로도 위험한 전압이 되는 경우가 있다.

IEC/TC 81에서는 Lightning Electro-Magnetic Impulse LEMP가 건축물 안의 컴퓨터, 전자정보 기기등에 영향을 줄 가능성이 크다고 보고 이것에 의한 피해방지대책 검토가 적극적으로 추진되고 있다.

(a)~(d)에서 기술한 각각의 전위차 및 유도전압은 건축물 규모와 그 안에 있는 도체계 상태, 피뢰설비 상태, 뇌격시 도체계에 대한 정전 및 전자차폐상태 등으로 달라지지만 뇌격의 진전에 대응하여 시간적으로 이들이 중첩한 것으로 된다.

**(2) 건축물 근방에 낙뢰하는 경우**

건축물 근방에 낙뢰하였을 때에 건축물 안의 전기회로 및 설비에 생기는 전위차 및 과전압은 다음의 경우가 고려된다.

- (a) 건축물 근방 낙뢰에 의하여 건축물 안의 전기회로 및 설비에 유도 뇌서지가 생기는 경우
- (b) 낙뢰에 의하여 생긴 뇌서지(직격 뇌서지 또

는 유도 뇌서지)가 전력선, 통신선 등의 인입선을 통하여 건축물로 진입하는 경우

(a)의 경우는 건축물이 목조인가, 철근콘크리트조인가 또는 철골 조립식인가 등 건축물 종류에 따라서 상당히 다르며 철근콘크리트조와 같은 차폐효과가 큰 건축물일수록 그 안의 전기회로 및 설비에 생기는 유도뇌서지는 작아진다. 일반적으로 그 값 V는 다음 식을 기본으로 하여 나타내어진다고 보아도 된다.

$$V = \alpha \frac{30I_0 h}{y} \left[ 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} v \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{1}{2} v^2}} \right] \dots\dots\dots(5)$$

여기에서,  
 α : 건축물의 종류 · 구조 · 규모 등에 따른 차폐 계수로서 1보다 작다.

예로서, 대규모인 철근콘크리트 건조물의 내부에서는 차폐효과가 매우 크고 α의 값은 0에 가깝다고 보여지지만 소규모인 목조건축물 안에 있어서는 무시할 수 있을 만큼 작은 값으로는 되지 않는다.

- I<sub>0</sub> : 뇌전류
- y : 낙뢰지점과 전기회로나 설비와의 거리
- h : 전기회로나 설비의 위치(시설되어 있는 높이)
- v : 뇌방전(주방전) 진행속도와 광속도의 비 0.1 ~ 0.3정도 값으로 간주되고 있다.

위 내용과 같이 소규모인 목조건축물 근방에 낙뢰시는 특히 그 옥내전기회로 및 설비 보호를 필요로 하는 유도 뇌서지가 생길 가능성이 크므로 특히 내전압이 낮은 설비나 중요한 설비에 있어서는 충분한 대책이 필요하다고 간주된다. 이것에 대해서는 3에서 기술한다.

(b)의 경우는 대상으로 되는 건축물에 외부로부터 인입 혹은 외부로 인출되어 있는 전력선이나 통신선에 직접 낙뢰시에 생기는 뇌서지 또는 이 전력선이나 통신선 가까이에 낙뢰하였을 때 유도 뇌서지가 건축물로 진입하는 것이며 이 값은 건축물 주변 조건 및 상기한 인입 혹은 인출되는 전력선이나 통신선의 상태(절연 및 인입, 인출상황)에 따라 영향을 받는다. 즉 이 진입 뇌서지는 건축물 안의 전기회로 및 설비에 손상을 줄

위험한 값으로 되는 일이 충분히 있을 수 있으므로 이들 위험한 뇌서지를 옥내 전기회로 및 설비에 진입시키지 않는 대책을 고려하는 것이 중요하다. 이것에 대하여서는 4에서 기술한다.

3 및 4절에서 기술하는 각각의 보호대책효과를 높이는 중요한 사항의 하나는 피뢰기, 절연변압기 등 보호장치의 접지, 건축물 안의 각종 기기·설비의 접지 및 건축물 구조체와 그 기초접지의 연접이나 공용접지를 효과적으로 이용하는 일이다.

### 3. 전위차 및 유도전압 대책

#### (1) 건축물 안 전위 균등화

건축물 피뢰설비에 낙뢰하였을 때 또는 건축물 자체에 낙뢰하였을 때에 건축물 각 부분에 생기는 전위상승 및 옥내 전기회로나 설비와 피뢰설비나 건축물 구조체 사이의 전위차는 높은 건축물일수록 커지는 경향이 있다. 따라서 건축물 안의 피뢰대책으로서 낙뢰시 건축물 안의 전위를 균등화하고 각 부분에서의 전위차를 최소한으로 저감하는 것이 우선 기본적으로 필요하다. 이것은 건축물 안에만 주목할 때는 건축물 및 피뢰설비의 접지저항을 저감하는 것보다도 중요한 사항이다. 한편, 접지저항 허용값 자체는 낙뢰시에 있어서의 건축물 바깥쪽에서의 영향이나 근방에 있는 설비와의 관련을 생각할 때에 크게 관계하는 일이 많다. 전위 균등화를 효과적으로 행할 때에 고려하여야 할 기본사항을 들면 다음과 같이 된다.

(a) 전위 균등화를 확실하게 하기 위하여 건축물 기초면이나 각종 플로어에 있어서 공용 접지점을 설치하든가 또는 모든 금속물(시설)을 연결하는 연접 접지선(bus bar)을 설치하는 것이 바람직하다. 특히 건축물 기초면에서 전위 균등화에는 건축물의 기초접지, 링 또는 메시 접지를 사용하면 효과적이다. 그림 3에 건축물 기초면에서 링 도선을 사용한 접지설계의 기본적인 참고 예를 나타낸다.

또 건축물 각 층에 있어서 그림 4에 개념적으로 나타낸 바와같이 공용접지점을 설치하여 각

층에 시설되는 전기회로 및 설비의 접지단자를 이것에 통합하여 접속하는 것이 뇌보호를 위한 위험요인을 제거하는 데에 가장 유효하다. 이것은 각 층에서 등전위화와 전위부동방지를 목표로 하는 것이다.(각층에서 1점 접지방식)

(b) 피뢰설비 인하도선(피뢰도선)은 건축물의 기초접지에 접속한다. 또 고층 건축물에서는 인하도선을 모두 병렬로 접속하고 그 임피던스를

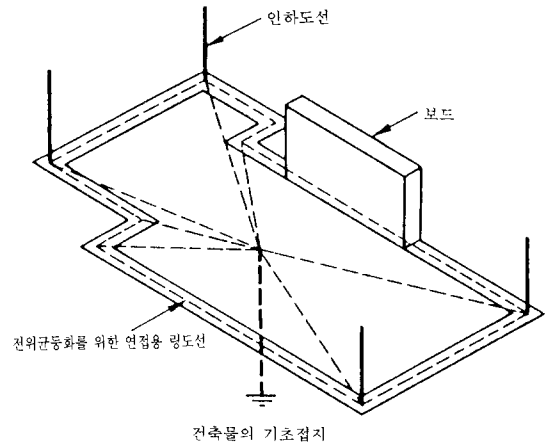


그림 3. 전위균등화의 건축물 기초면에서 접지설계(예)

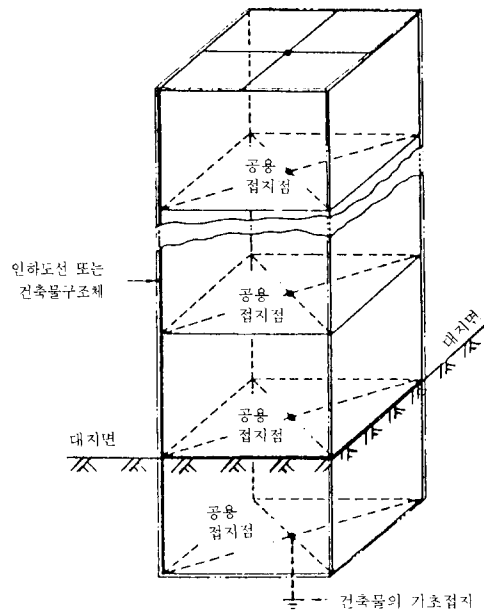
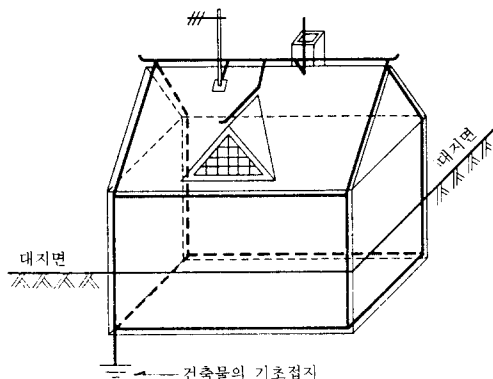


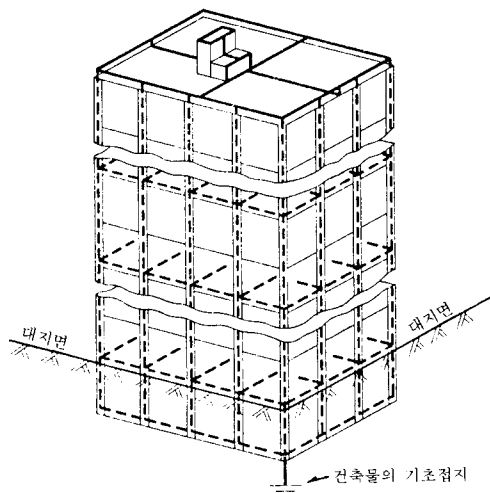
그림 4. 건축물의 각층 슬라브에서 공용접지의 설정(예)

감소시키도록 고려한다. 그림 5에 일반 건축물 및 고층 건축물에서 인하도선 및 건축물 구조체를 포함한 임피던스 저감을 위한 병렬 접속 예를 나타낸다.

(c) 전력용 전기회로의 중성선(점)은 원칙적으로는 변압기를 시설한 층의 공용접지점에 접속한다. 또 전기회로에 발생하는 과전압을 억제할 필요가 있을 때는 공용접지점과 사이에 피뢰기 또는 보호갭 등 과전압 보호장치를 접속하는 것이 좋고, 특히 고층 건축물의 둘 이상 층에 배선되어 있는 경우는 각각의 층에 있어서 이 대책을 하는 것이 바람직하다.



(a) 일반건축물



(b) 고층건축물

그림 5. 임피던스 저감을 위한 접속(예)

(d) 전자장치를 포함하는 제어, 측정, 통신 및 컴퓨터 등 전기설비는 뇌전류의 영향을 받지 않도록 건축물의 피뢰도선으로부터 될수록 멀리 이격하는 동시에 필요한 경우에는 충분한 차폐를 생각하여야 할 것이다.

(e) 상기 각종의 전기회로 배선은 피뢰도체와 용량결합, 전자결합을 경감하기 위하여 금속체 전선관에 수용하고 이것을 건축물 안의 양호한 접지(예, 공용접지점)에 접속하는 것이 유효하며 될수록 이 대책을 하는 것이 바람직하다. 또 이것은 낙뢰시 전계변화에 따른 유도전압의 경감에서 유용하다.

상기한 대책이 없는 전력용 배선, 전화선 또는 가스관, 수도관 등은 피뢰도선으로부터 충분한 거리(적어도 1.5(m)이상)를 유지하는 것이 필요하다. 이것은 낙뢰시 피뢰도선의 전위상승에 의하여 이것들에 플래시오버하는 것을 피하기 위해서이다.

한편, 피뢰도선으로부터 충분히 이격할 수 없는 빗물통, 철관, 철사다리 등 금속체는 양호한 접지에 접속한다.

이상은 전위를 균등화할 때 기본사항이며 개개의 건축물에 대해서는 이 방식에 기초하여 구체적인 대책을 실시하는 것이 중요하다.

## (2) 건축물 안의 전력용 전기회로 및 설비 보호

보통 전력용 저압 옥내 기기의 뇌임펄스 절연 파괴전압은 수(kV)로 보아도 되며 그 중에는 2~3(kV)정도의 낮은 값인 것도 있으므로 이들 기기로 구성되는 전기회로 및 설비 보호에는 우선 3(1)에서 기술한 전위균등화 대책이 우선 사항이다. 또 건축물 기초접지 저항값을 될 수록 작게 하는 동시에 피뢰도선의 병렬화와 건축물(금속)구조체를 포함한 임피던스 저감을 피하는 것이 바람직한 사항이다. 더욱이 건축물 외부로부터 전력선을 통하여 진입하는 뇌서지에 대해서는 인입구에 피뢰기를 시설하여 이것을 억제하는 것이 중요하다.(4 참조)

건축물 안으로 인입되는 전력용 전기회로 전압은 고압 또는 특별고압인 경우와 저압인 경우로 대별된다. 전자는 사무소 빌딩, 백화점, 공장이나

연구소 등이 그 예이며, 후자는 일반 가정, 상점, 소규모 공장이나 텔레비전 중계 방송소 등이 대표예이다. 이 양자의 경우에 있어서 건축물 안의 전기회로 및 설비에 있어서 뇌격으로 기인하는 유도전압 대책방식은 다음과 같이 된다.

건축물 자체가 완전한 케이지를 구성하고 있는 경우는 그 내부 전기회로 도체에는 유기전압이 생기지 않지만 이것이 불완전한 경우나 피뢰도선 및 이것에 접속한 건축물(금속) 구조체와의 사이에 전자결합이 있는 경우는 전기회로 도체에 유도전압이 생기므로 그 값이 큰 때는 저압배선이나 이것에 접속되는 옥내 기기의 절연내력을 초과하여 절연파괴 또는 기기의 피해로 되는 것이 우려된다.

(a) 고층빌딩 등에서 많이 사용되는 3상4선식 240/415[V] 저압배선에서는 그림 6에 예시하는 것같이 기기 시설 개소 또는 브레이커 부하쪽에 뇌서지와 같은 과전압을 억제하는 보호장치(피뢰기 등)를 각상과 중성선 사이에 접속하는 것이 효과적인 대책의 하나이다. 이 경우 저압회로의 중성선(점)이나 기기의 접지단자는 (1)에서 기술한 공용 접지점에 접속하는 것이 좋다.

또 100/200[V]의 3상4선식 저압배선에 있어서도 그림 7에 보인 예와 같이 상기와 같은 방식에 의한 대책이 효과적이다.

(b) 3상3선식 저압배선에 있어서는 각 상에 생기는 과전압을 억제한다는 방식에 의하여 그림 8에 예시하는 것같이 브레이커 부하쪽 또는 기기의 시설 개소에 보호 장치(피뢰기 등)를 설치하고 그 접지단자는 공용 접지점에 접속하는 것이 효과적이다.

(c) 단상 2선식 및 단상 3선식 저압배선에서는

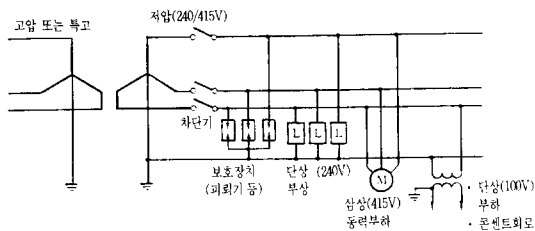


그림 6. 3상4선식 240/415[V]의 저압배선에서 보호(예)

각각 상기한 (a), (b)와 같은 방식으로 각 상에 생기는 과전압을 억제하기 위하여 그림 9에 보인 예와 같이 브레이커 부하쪽 또는 기기의 시설 개

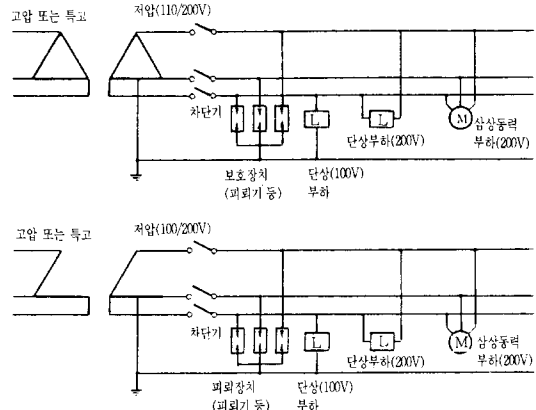


그림 7. 3상4선식 100/200[V]의 저압배선에서 보호(예)

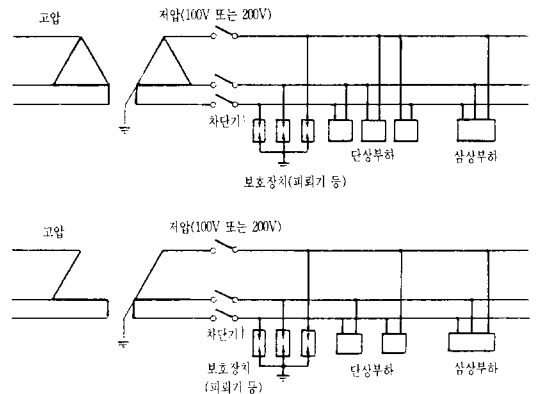


그림 8. 3상3선식 저압배선(100[V], 200[V])에서 보호(예)

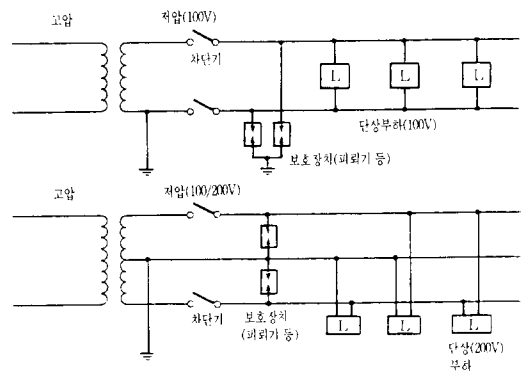


그림 9. 단상 2선식 및 단상3선식 저압배선에서 보호(예)

소에 보호장치(피뢰기 등)를 설치하는 대책이 효과적이다. 특히 단상 3선식 배선에 있어서는 이 그림에 보인 것같이 각 상과 중성선 사이에 보호장치를 접속하는 것이 한 방법이다.

(d) 저압 인입선에 접속되는 일반 수용가의 저압배선에서는 특별히 중요기기가 없는 점에서 과전압을 억제하기 위한 보호장치(피뢰기 등)를 특별히 설치할 필요는 없는 것이 보통이지만 저압배선선이 인입되어 있는 텔레비전 중계소나 무선중계소에서는 옥내 기기 설비를 과전압으로부터 보호하기 위한 대책이 필요하며 절연변압기, 피뢰기, 서지흡수기 등을 효과적으로 적용하는 동시에 중계소의 옥내기기를 차폐하는 것이 유효한 방법이다. 그림 10은 이 대책 시스템의 예이다. 이 때 중요한 것은 절연변압기, 피뢰기, 서지흡수기 및 기기 금속 차폐장치 각각의 접지는 일괄하여 건축물의 기초 접지극이나 멧쉬 접지극 등 공용 접지점에 접속하는 것이 효과적이다.

(e) 낙뢰시 과도적인 전자유도전압을 회피할 수 없을 때, 상기 (a)~(d)중 적절한 대책을 하는 것이 바람직한데 이것을 실시하지 않는 경우에는 배선간 유도전압을 될수록 억제하기 위하여 다음과 같은 기본적인 대책을 고려하는 것이 중요하다.

- ① 전선의 오픈루프된 배치를 피한다.
- ② 왕복하는 배선은 통합하여 될수록 꼬아 합쳐서 배치한다.
- ③ 옥내 배선은 피뢰설비와 그 인하도록선이나 접지극선으로부터 될수록 간격을 크게 취하도록 한다. 또 배선을 여러가닥 꼬아 합치고 다시 전체로서 실드한 도선계로 한다.

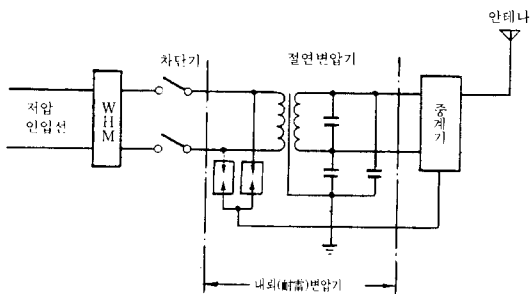


그림 10. 저압선(100[V], 200[V]에 접속되는 텔레비전 중계소의 뇌보호 시스템(예))

④ 옥내 배선과 피뢰설비(인하도록선이나 접지선을 포함)를 크게 이격할 수 없을 때 특히 실드붙임 케이블을 사용하든가 실드가 없는 전선을 사용하는 경우는 금속관 속에 넣는다 또는 금속덕트 안에 넣어서 배선한다.

(f) 특별한 경우로서 건축물 옥상에 기기(리프트, 벤틸레이터, 양수용 동력 기기 등)를 시설하는 경우, 전력용 제어용 전선은 실드붙임인 것을 사용하고 다시 기기의 시설 개소에 피뢰장치를 적용하는 동시에 피뢰도선으로 부터 충분히 이격하는(적어도 1.5[m]이상)것이 바람직하다. 또한 옥상에 시설하는 기기에 우뢰의 직격이 없도록 충분히 뇌격차폐를 할 수 있는 피뢰설비를 설계·시공하는 것은 물론이다.

### (3) 건축물 안의 약전용 전기회로 및 설비 보호

건축물 안의 약전용 전기회로는 전화 인입선과 같은 통신회로나 TV 피더 케이블과 같은 수신회로 및 옥내 저압전원에 접속되는 전자회로설비 등으로 대별된다.

(a) 전화 인입선과 같은 통신회로에 있어서는 우선 건축물 안으로의 인입점에 피뢰기를 시설하여 외부로부터 침입하여 오는 뇌서지를 억제하는 동시에 필요에 따라서는 서지흡수기를 적용하여 건축물안의 배선간 과대한 전위차를 없애도록 한다. 이때 피뢰기, 흡수기 등 보호장치 접지는 건축물안의 공용접지극(점)에 접속하는 것이 좋다.

(b) TV 피더 케이블과 같은 수신회로에 있어서는 동축케이블의 실드는 피뢰도체에 직접 접속하고 필요에 따라서는 TV 수신기 회로 등을 금속차폐하는 것이 좋다. 한편, 전원배선에 대해서는 건축물안의 전위 균등화 외에 (2)에서 기술한 기본적인 방식을 적용하여 수신기 입력단에 피뢰기, 흡수기 등 보호장치를 설치하는 것이 효과적이다.

(c) 건축물 안에서의 각종 전자회로 및 설비에 대해서는 그 전원 쪽은 (2)에서 기술한 방식에 의한 대책, 즉 절연변압기, 피뢰, 서지흡수기를 적용하는 보호대책에 의하는 것이 효과적이며, 또 전자회로 및 설비 본체에 대해서는 다음의 기본적인 방식에 의한 대책을 행하는 것이 유효하다.

(예 : 그림 11)

① 루트의 같은 배선은 여러가닥 통합하여 꼬아 합치고 실드한 도선계로 한다.

② 전선의 오픈루프를 할 수 없도록 고려한다.

③ 피뢰설비나 그 인하도록으로부터 이격을 될수록 크게하고 다시 망목이 작은 금속망으로 구성되는 실드케이지로 차폐하고 이 금속 차폐를 1개소에서 접지한다. (1점 접지 실시)

④ 절연 변압기, 피뢰기나 배선에 관계하는 접지는 전위 균등화를 위하여 상기한 금속 실드 케이지 접지와 통합하여 1점 접지로 한다.

⑤ 배선의 실드케이지로부터 인입 및 인출은 기본적으로 상기한 접지점 가까이에서 통합하여 행하고 임의 개소로부터 각각 인입, 인출하는 것을 피하는 것이 바람직하다.

상기와 같이 기본적인 대책은 통신용 설비, 측정 및 원격 제어용 설비, 전자계산기, 연구소설비, 병원설비 등에서 사용하는 전자회로·설비에 있어서 충분히 생각하는 것이 중요하다.

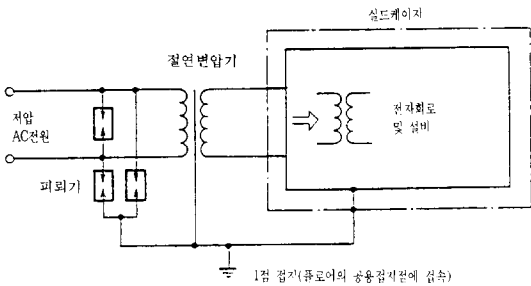


그림 11.(1) 전자회로·설비의 뇌보호 방식(예)

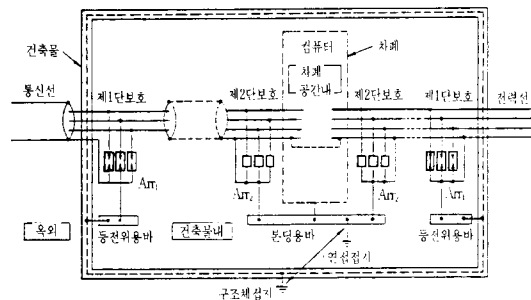


그림 11.(2) 피뢰기에 의한 컴퓨터 뇌서지 보호방식

#### 4. 인입선으로부터 진입 뇌서지에 대한 보호(절연협조)

##### (1) 인입선으로부터 진입 뇌서지

건축물의 인입선은 ① 전력선, ② 전화선과 같은 통신선으로 대별되고 가공인입의 경우와 지중(케이블)인입의 경우가 있다. 또 ①에 대해서는 건축물 안의 수요전력의 대소에 따라서 고압 또는 특별고압으로 인입하는 경우와 저압으로 인입하는 경우로 나뉘어진다. 각각의 경우 뇌서지는 개략 다음과 같다.

##### [전력선 인입의 경우]

(a) 가공인입의 경우, 가공지선 또는 지지주(철타)에 뇌격시 역플래시오버에 의하여 전력선에 뇌서지가 진입한다. 이 값은 뇌격점 가까이에서는 뇌격전류  $I_0$ 와 뇌격점의 전위상승 임피던스  $Z_T$ 와의 곱  $I_0 Z_T$ 에 거의 동등하다고 보아도 되는데 이 뇌서지 값이 큰 때는 전력선을 전반하는 사이에 인접 기둥이나 가까이의 지지 기둥에서 재섬락을 반복하므로 전반중에 선로의 뇌임펄스 절연강도와 같은 값 이하로 된다고 보아도 된다.

또 전력선에 직접 뇌격한 경우, 뇌격점에서는  $I_0 Z_T/2$ 의 뇌서지가 발생하는데 이 경우도 상기와 같은 과정에 의하여 전력선을 전반중에 선로의 뇌임펄스 절연강도와 같은 값 이하로 된다.

(b) 가공인입의 경우 전력선 부근에 낙뢰가 있으면 상당히 큰 유도 뇌서지가 발생하고 이 값  $U$ 는 기본적으로 다음 식으로 표시된다. (기호의 뜻은 (5)식 참조)

$$U = \frac{30I_0 h}{y} \left[ 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} v \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{1}{2} v^2}} \right] \dots\dots(6)$$

이 유도 뇌서지는 건축물 진입 관점에서 보면 인입점 근방 낙뢰시가 대상이며 원방 낙뢰의 경우는 보호대책을 필요로 하는 큰 값으로는 되지 않는다. (예 : 그림 12)

(c) 케이블 인입의 경우 가공선과 케이블의 서지 임피던스가 다르고 양자의 접속점이 변이점으로 되어 진입 뇌서지의 반사·투과현상이 생겨 뇌서지가 증폭되는 일이 있으므로 심본 유의하여야 한다. 이 값은 진입 뇌서지의 파형, 케이블 길



이 등에 따라 다르며 뇌서지의 파미길이 길수록, 케이블 길이가 짧을수록 엄한 조건이 된다. 그림 13은 이 상황을 예시한 것인데 케이블 길이가 100[m]이하로 특히 짧은 때는 진입 뇌서지를 케이블 절연강도의 수십 [%] 이하로 억제할 필요가 있다.

(d) 저압인입선에 직접 낙뢰하였을 때 또는 고압, 저압 병가선로에서 가공지선 뇌격시 저압선에 역플래시오버하였을 때 진입 뇌서지에 대해서는 상기 (1)과 기본적으로 같은 사고방식으로 취급하여도 된다.

(e) 저압 인입선 근방 낙뢰시 발생하는 유도 뇌서지가 대상의 하나이며 그 발생 기구는 고압 배전선의 것과 같지만 저압배선의 길이는 짧고 또한 변압기 설치 개소에서 제2종 접지공사가 시공되어 있는 등 고압 배전선 경우보다 그 값은 작

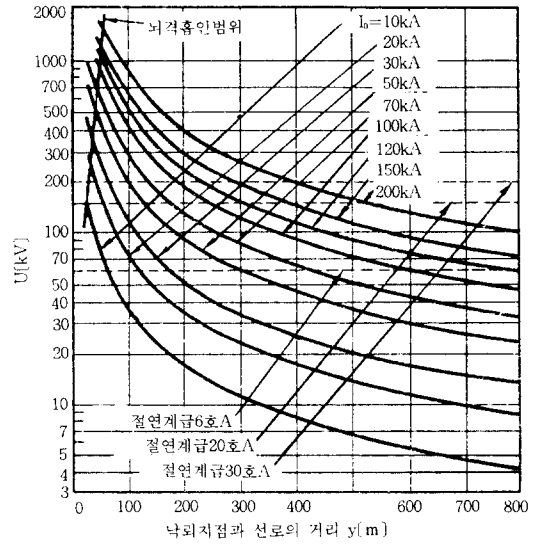


그림 12. 유도 뇌서지 U의 산정(예) (h=10[m] 경우)

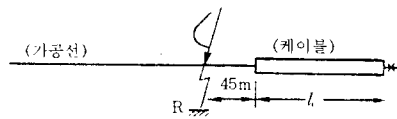
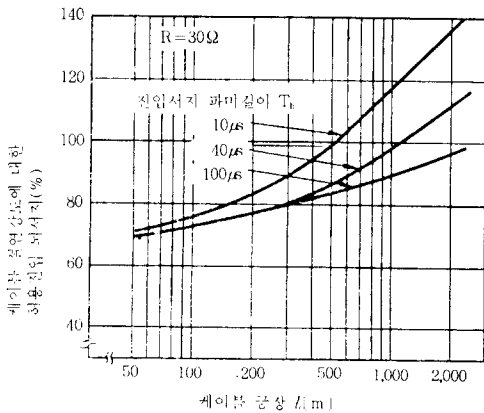
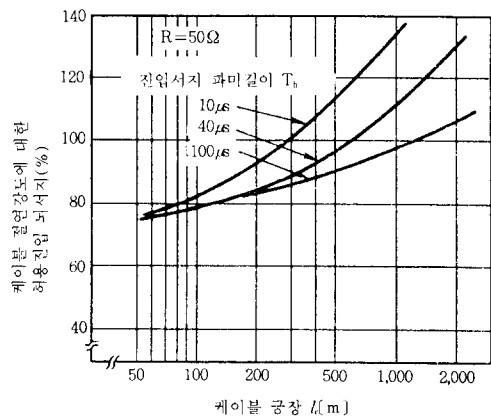
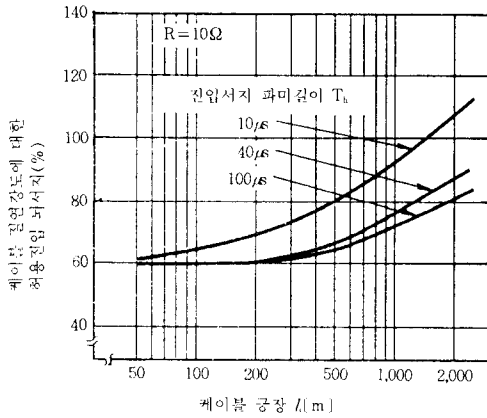


그림 13. 가공선 케이블 접속인입의 경우 허용진입뇌서지(예)

다고 볼 수 있다. 저압 배전선의 뇌서지 기록 예에 따르면 12[kV]이하인 것이 95[%]정도를 차지하고 있다.

(f) 주상 변압기 설치점의 이주 부근 낙뢰의 뇌전류에 의하여 대지전위가 상승하고 제2종 접지점으로부터 저압 배전선으로 진입하는 서지가 있으며 위험한 값으로 되는 것도 생각할 수 있지만 인입선으로 전반하기까지 플래시오버를 반복하여 인입구에서는 선로 절연강도 이하의 값으로 된다고 보아도 된다. 이와 같은 케이스는 매우 드물다고 생각된다.

(8) 상기 이외에 ① 주상변압기와 동일 기동에 시설된 피뢰기 방전에 의한 대지 전위상승에 기인하여 제2종 접지로부터 저압 배전선으로 진입하는 서지, ② 주상 변압기의 고압측과 저압측 결합으로 저압측에 생기는 서지, ③ 뇌서지에 의하여 변압기의 고저압 절연이 파괴하여 저압측으로 진입하는 서지 등 고압측 뇌서지가 원인으로 저압측으로 진입하는 서지를 생각할 수 있다. 그러나 이것들에 대해서는 다음과 같이 판단된다.

①에 대하여 : 전기설비기술기준으로 규정되는 접지설계를 실시하면 특별히 고려할 필요는 없다.

②에 대하여 : 전자결합, 정전결합 어느 경우도 특별히 위험한 서지는 발생하지 않는다.

③에 대하여 : 변압기 고·저압 사이 절연과피에 의하여 진입하는 서지에 대해서는 변압기의 절연과피를 방지하고 저지하여야 하는 것이므로 주대상은 아니고 실제로는 일어날 수 없다고 보아도 된다.

#### [통신선 인입의 경우]

(h) 전화선과 같이 외부로부터 건축물에 가공으로 통신선이 인입되는 경우 직격 뇌서지 또는 유도뇌서지가 진입할 위험성이 있다. 그러나 인입선이 실드불임 가공 케이블의 경우는 특히 문제로 되는 값으로 되지 않는다고 보아도 된다.

상술한 각종 인입선으로부터 진입 뇌서지는 건축물 안의 수전설비나 기기에 대하여 위험한 값으로 되는 경우가 있으므로 기본적으로 건축물 인입점에 있어서 진입 뇌서지를 억제하는 대책을 행하는 것이 중요하며 또 건축물 각종설비에 대

하여 충분한 뇌서지 절연협조가 유지되도록 적절한 접지설계를 행하는 배려가 필요하다.

#### (2) 전력선 인입배선과 설비 보호

건축물의 인입선으로부터 진입하는 뇌서지에 대해서는 우선 인입구에서 억제하는 대책을 생각하는 것이 기본이다. 즉, 가공 인입선의 경우는 가공지선, 피뢰기, 절연협조용 혼갭 중 하나 또는 둘 이상을 그 구간에 적용하는 대책, 또 가공 배전선에 접속한 케이블 인입선의 경우는 가공선 구간에서 상기한 대책 외에 케이블과 접속점에 있어서 충분한 절연협조를 유지하기 위하여 피뢰기를 설치하고 그 효과를 올리기 위하여 기본적으로 다음 사항을 고려한다.

(a) 가공 인입선 구간에서 뇌서지 억제, 또 케이블 인입의 경우는 케이블에 진입 뇌서지 저감을 위하여 각각 건축물 가공인입구 또는 케이블 접속점으로부터 수백[m]~1[km] 범위의 가공선 구간에 가공지선을 시설하는 것이 바람직하다.

(b) 케이블 인입의 경우 그림 13에서와 같이 진입 뇌서지에 대하여 절연협조를 유지하는 것은 상당히 엄격한 조건이 되므로 특히 케이블 길이가 짧을 때 가공선과 접속점에 피뢰기를 설치하고 그 접지와 케이블의 실드 접지를 연결 또는 공용한다. 또 케이블 길이가 긴 경우라도 케이블 접속점의 지지주 뇌격을 생각하면 피뢰기를 설치하는 것이 중요하다. 장주상의 제약으로 케이블 접속점이 있는 지지주에 피뢰기를 설치하는 것이 곤란한 경우는 그 인접 전주에 피뢰기를 설치하는 것이 좋다. 이들 방법을 예시한 것이 그림 14이다.

(c) 케이블로 건축물 안의 고압수전설비에 접속되어 있는 경우, 만전의 절연협조를 기하기 위하여 상기 (b)의 대책 외에 수전설비측에도 피뢰기를 설치하는 것이 바람직하다. 이 예의 하나로서 옥상에 큐비클을 설치하고 이것에 고압케이블 인입선을 접속하고 있다. 이 경우 수전설비 및 피뢰기의 접지는 각각 기술기준 규격에 적합한 것은 물론이지만 옥상에 설치하는 피뢰설비의 인하도선이나 접지선 및 건축물 금속 구조체와 기초 접지를 포함하여 인입선부터 뇌서지 진입시 및

건축물의 피뢰설비에 낙뢰시 각 경우에 수전설비와 배선·기기에 있어서 충분한 절연협조가 유지되도록 연결접지방식을 적용한 대책을 생각하는

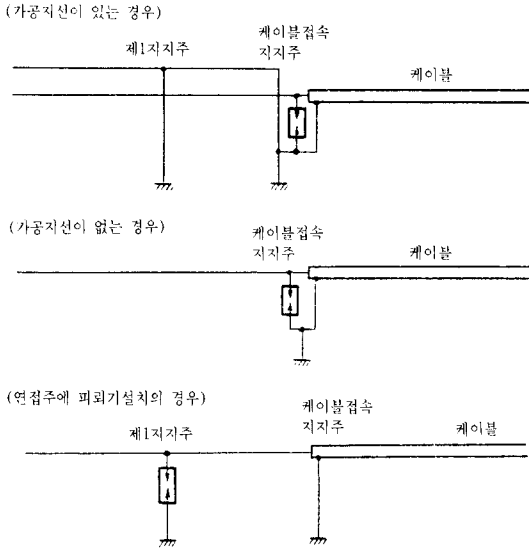
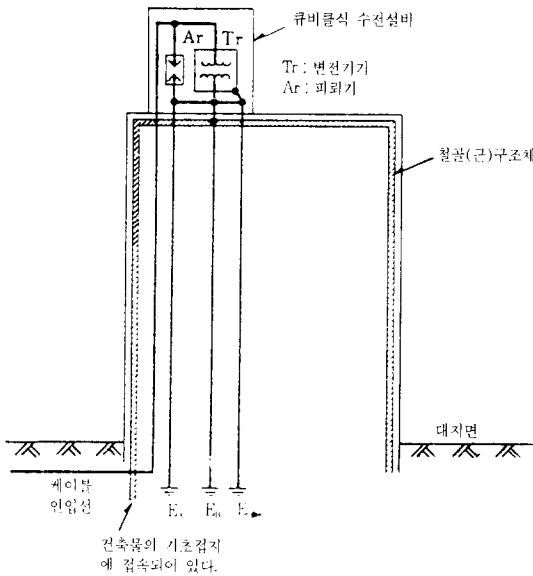


그림 14. 가공선-케이블 접속점과 주변의 내(耐)뢰보호 방법(예)



$E_A$ ,  $E_B$ ,  $E_C$ 의 접지선은 유비클내에 연결하고, 그 위에 철골(근)구조체에 접속한다.  
 주) 상기의 형식적인 철골(근)구조체를 유효하게 이용하려면 옥상수전설비의 절연협조 때문에  $E_A$ ,  $E_B$ ,  $E_C$ 의 접지는 실질적으로 불필요.

그림 15. 옥상설치 수전설비의 절연협조와 확보방법

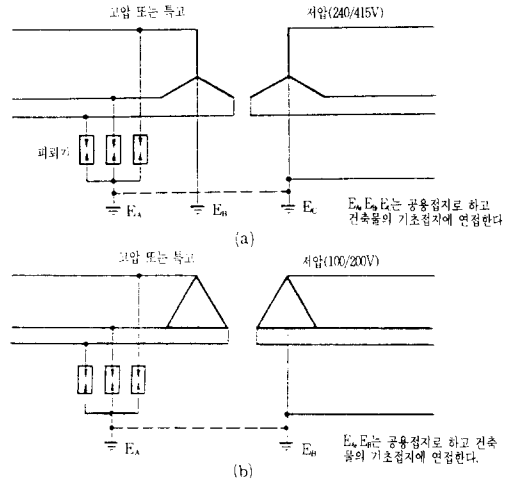


그림 16. 삼상가공인입의 경우 보호대책(예)

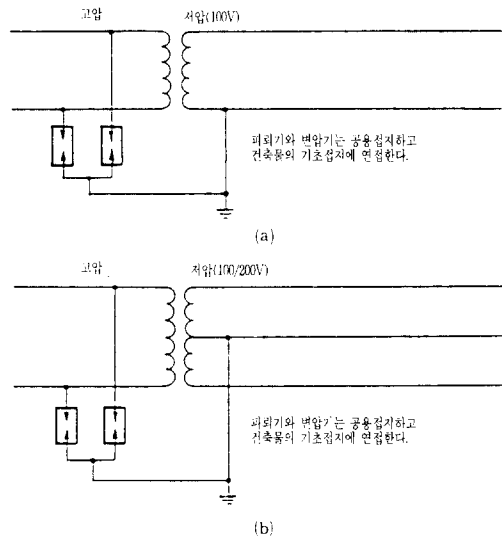


그림 17. 단상가공인입의 경우 보호대책(예)

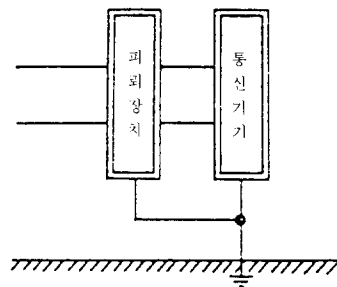


그림 18. 피뢰장치의 접지방식

것이 효과적이며 바람직한 사항이다. (그림 15)

(d) 가공선으로 건축물 안의 고압 수전설비에 인입되어 있는 경우 수전설비에 위험한 뇌서지가 진입하지 않도록 보호대책을 강구할 필요가 있다. 그림 16은 3상 인입의 경우 보호대책 예를 나타낸 것이며 여기서 중요한 것은 피뢰기 접지와 변압기 등의 수전설비 접지는 공용접지로 하고 다시 이것과 건축물의 기초접지와는 연결하여 절연협조 효과를 높이는 일이다. 단상 인입의 경우 보호대책도 같은 방식이며 그 예를 그림 17에 나타낸다.

(e) 저압선을 건축물 안으로 인입하고 기기·설비에 접속하는 경우 일반 수용가에서는 보통, 특별한 진입 뇌서지 대책은 실시되지 않지만 건축물 속에 특히 보호를 요하는 기기 및 설비가 있을 때는 절연 변압기나 피뢰기 등을 사용하여 위험한 뇌서지가 이 기기 및 설비에 가하여지는 것을 저지하는 대책을 한다. 이때 절연 변압기나 피뢰기 접지 및 상기한 기기, 설비 접지는 건축물 안의 공용 접지점에 접속하여 절연협조 효과를 높이는 것이 좋다. (그림 11과 같은 방식)

### (3) 통신선 인입배선과 설비 보호

전화선 등과 같이 외부로부터 건축물로 인입하는 통신선에 있어서는 기본적으로 인입점에 피뢰장치를 설치하여 뇌서지 진입을 저지하는 대책을 한다.

일반적으로 통신선로단자와 대기간 내전압은

직류 500[V] 1분간, 교류에서 1,500[V] 1분간으로 설계되어 있는데 통신선로의 선간내전압은 특히 IC 등 전자회로에서는 10~100[V] 내전압이라고 일컬어진다. 따라서 보안기 등 피뢰장치의 선정에는 충분히 유의할 필요가 있다.

내전압이 낮은 전자·통신기기를 과전압에 의한 파손으로부터 효과적으로 보호하기 위해서는 보안기, 피뢰기, 배리스터(varistor), 서지흡수기 등 또는 이들과 절연변압기를 조합시킨 장치를 사용하여 기기에 내전압 이상의 전압이 가하여지지 않도록 해야 한다.

과전압으로부터 전자·통신기기를 보호하기 위한 피뢰장치의 접지는 그림 18에 보인 것같이 피뢰장치의 접지와 통신기기의 접지를 연결 또는 공용하는 접지방식을 채용하는 것이 효과적이다. 즉, 이 그림에 있어서 과전압으로 피뢰장치의 접지전위가 상승하여도 기기 본체도 동일 전위로 상승하므로 기기와 본체 사이에는 피뢰장치의 잔류 전압밖에 가하여지지 않으므로 적절한 피뢰장치를 사용하면 기기를 보호할 수 있다. 이 방식을 각 통신 기기마다 적용하면 뇌서지에 대한 보호효과는 더욱 커진다.

\* 피뢰도선의 저항에 의한 전압강하(ohmic voltage drop)는 뇌격전류의 파두 시간내에서는 무시할 수 있을 정도로 작고, 또 접지망이나 링 전극을 사용한 접지극에서는 그 인덕턴스는 적고, 이것에 의한 영향은 보통 무시하여도 된다.

## ◇ 著 者 紹 介 ◇



이 광 식(李廣植)

1948年 10月 20日生. 1971年 嶺南大工大 電氣工學科 卒. 1987年 嶺南大大學院 電氣工學科 卒(博士). 1988~1989年 Nagoya Institute of Technology 招聘教授. 現在 嶺南大 工大 電氣工學科 教授. 當學會理事, 大邱·慶北支會長 編修委員長.



정 용 기(鄭龍基)

1952年 3月 5日生. 1976~1978年 美國 R.M PARSON ENGINEERING CO., 1978~1991년 內務部 公務員 歷任. 1995年 崇實大 大學院 電氣工學科 卒(碩士). 現在 崇實大 大學院 電氣工學科 博士 課程. 義濟技術士考試院 院長, 美國 NFPA 正會員. 建築電氣設備技術士, 電氣應用技術士, 電氣安全技術士, 消防設備技術士.