

# 전원 및 신호시스템에서의 뇌서지 전파양상

(Propagation Tendency of Lightning Surge in the Power and Communication System)

이태형 · 조성철 · 임주홍

(Tae-Hyung Lee · Sung-Chul Cho · Ju-hong Eom)

## Abstract

The tendency of lightning surge to propagate displays the difference for applicable power and equipment. However, looking into the subject equipment with the lightning surge, the lightning surge can be divided in between the two lines of power, between the power line and the ground, the power line and the PE conductor, between the neutral line and the ground and the like. In addition, in the event of the communication equipment, there exists the case of lightning surge entered from the power line in addition to the entry between the communication lines, the communication line and the ground. In this study, the tendency of propagation of lightning surge penetrated on to the subject equipment is analyzed through the empirical experiment in accordance with the ground method by using the independent ground, common ground, bypass arrester and others among the techniques for safety improvement in power lines.

## 1. 서론

뇌서지 전압이 전파되는 양상은 대상 전원계통과 기기별로 차이를 보인다. 하지만 뇌서지가 유입되는 대상기기를 중심으로 보면 뇌서지는 전원선의 두 선간, 전원선과 대지간, 전원선과 PE도체, 중성선과 대지 간 등으로 나누어 볼 수 있다. 또한 통신기기인 경우에는 전원측에서 들어오는 뇌서지 외에 통신선 선간, 통신선과 대지간으로 입사하는 경우가 존재한다. 이번 연구에서는 각각의 경우에 대상기기에 침입하는 뇌서지 양상을 전원계통의 안전향상을 위한 기법 중 독립접지, 공통접지, 바이패스 어레스터를 이용한 접지방식에 따라 실증 실험을 통하여 분석하였다.

## 2. 본론

### 2.1. 가전기기에서의 뇌서지 전파경로

일반 가정 내에서 사용하는 다양한 가전과 정보통신기기를 사용 상태로 구분하면 표 1처럼 구분할 수 있다.

표 1의 구분 I 기기의 경우에는 침입 뇌서지에 대해 기기 전체의 전위가 상승하므로 기기파괴는 없다. 구분 II에서는 기기에 접지가 있으므로 기기 내부로 뇌서지 전류가 침입한다.

표 1. 가전기기의 분류

Table 1. Classification of electrical appliances

구분	기기사용 상태	분류 예
I	AC전원에 접속하고 외함이 비접지된 기기	형광등, 차단기, 냉장고
II	AC전원에 접속하고 외함이 접지된 기기	급탕설비, 에어컨, 세탁기
III	AC전원에 접속하고 안테나가 있는 기기	TV, 비디오, 리시버
IV	AC전원과 통신선 양쪽에 접속된 기기	전화기, 팩스, 유선방송

구분 III에서는 기기내 전원계통 기판과 신호계통 기판 사이의 방전으로 인해 안테나선 쪽으로 경로를 형성한다. 안테나는 일반적으로 지붕에 설치해 절연돼 있지만 낙뢰 발생 시에는 빗물로 안테나 다리가 접지에 가까운 상태로 되는 경우가 많은 것으로 상정한다. 따라서 뇌서지 통과경로 중 하나로 생각 할 수 있다. 구분 IV에서는 기기내 전원계통 기판과 신호계통 기판 사이의 방전으로 인해 통신선 쪽으로 경로를 형성한다. 구분 IV 통신선에서 침입하는 뇌서지 통과경로는 전원측과 접지측, 안테나측으로의 통과경로를 생각할 수 있다. 일반적으로 통신선에는 가입자 보안기가 설치돼 있으므로 고전압 뇌서지가 그대로 침입하는 경우는 없다. 그러나 가입자 보안기 접지저항으로 과전

압이 잔류해 가옥 내 정보통신기기 내에서 전원측과의 사이에 전위차가 발생한다. 이 뇌서지에 의해 구분 IV 통신기기는 직접 영향을 받는다. 또한 통신선에서 저압배전선 쪽으로 뇌서지가 빠져나가므로 구분 II와 구분 III 기기에 대해서도 전원선 침입인 경우와 마찬가지로 영향을 받는다.

## 2.2. 전원계통의 안전향상을 위한 SPD 설치기법

전자기기가 시스템으로 접속되거나 전원선과 통신선, 접지선 등이 접속되어 제어신호를 주고받는 경우에는 침입하는 뇌서지에 의해 각각의 시스템 사이에 발생하는 순간적인 전위차에 의해 뇌서지 피해가 광범위하게 확대될 수 있다. 이것을 방지하는 방법으로 전원계통과 통신, 신호계통간의 등전위화(바이패스화, 공통접지화)와 절연화 기법이 있다.[1]

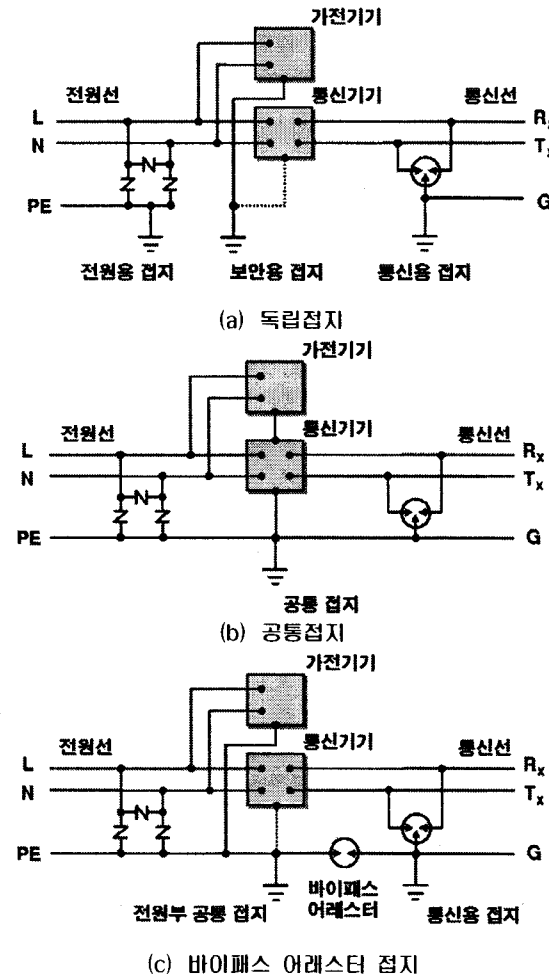


그림 1. SPD 설치기법

Fig. 1. Installation methods of SPD

그림 1의 (a)는 전원용 접지와 통신용 접지를 부득이하게 분리하여 시설하여야 할 경우의 뇌서지 보호대책이다. 전원선에는 ZnO소자 계열의 SPD를 주로 적용하며 전원용 접지극에 접속한다. 보안용 접지는 기기 외함접지로서 별도의 접지극에 접속하며, 통신선은 통신용 SPD(일반적으로 gas tube type을 사용)를 통하여 통신용 접지에 접속하게 된다. 전원선과 통신선은 별도의 접지에 접속되므로 접지극간에 충분한 이격거리를 확보한 IT계통에 적용이 가능하다.

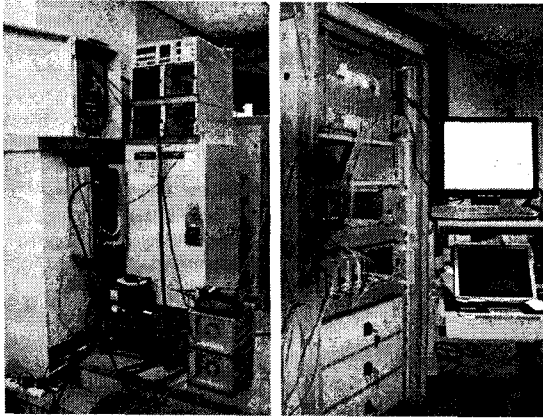
그림 1의 (b)는 전원선에 접속된 SPD와 통신선에 접속된 SPD를 동일한 접지에 공동으로 접속하는 방법으로 TN계통에 적용이 가능하며, 이론적으로 등전위를 형성하게 되며, IEC61643 및 IEEE C62.41 등에서 권장하는 형태이다.[2]

그림 1의 (c)의 경우는 전원선용 SPD의 접지선과 통신선용 SPD의 접지선을 GDT(gas discharge tube) 등으로 연결한 방식으로 바이패스 어레스터(bypass arrester)법 이라고 한다. 이 방식은 독립 접지와 등전위접지의 절충된 형태로 전원용 접지와 통신용 접지에 일정전압 이상의 전위차가 발생할 경우 GDT가 동작하여 등전위화 시켜주는 원리로 동작한다. GDT 소자는 스위칭 소자로서 동작개시전압 이상의 전위차가 두 단자에 발생하게 되면 내부에서 방전을 일으켜 매우 낮은 잔류전압을 형성하게 되므로 마치 스위치와 같은 역할을 한다. 이러한 바이패스 어레스터법은 정상상태에서는 전원선이나 통신선의 접지에서 발생하는 노이즈 성분이 각기 다른 접지시스템에 영향을 미치지 않으면서 뇌서지와 같이 큰 전위차가 발생하는 순간에는 공통접지와 유사한 특성을 보여 보호효과를 증대시키고자 하는 방법이다.

## 2.3. 통신기기에 침입하는 뇌서지 실증실험

통신기기에 침입하는 뇌서지 실증실험을 위한 실험장비와 실험계 사진을 그림 2에 나타내었다. 실험계는 앞서 기술한 전원계통의 안전향상을 위한 기법 중 등전위화를 위한 3가지 방법을 위주로 구성하였다. 최근 통신기기에서 독립접지, 공통접지, 그리고 바이패스 어레스터를 이용한 접지방식의 성능과 특성이 주요 문제로 대두되고 있음을 반영한 실험계이다. 이들 각 방법에 대하여 규정이나 규격집에서 권장하는 내용을 바탕으로 실제 뇌서지 전압을 인가하였을 때 각각의 측정점에서 나타나는 과전압을 실제로 측정하여 분석하였다. 실험대상품목으로는 전원선과 통신선이 기기에 공존

하는 팩스를 대상으로 하였으며, 실제 사무실과 같은 환경에서 전원이 인가되어 사용 중인 경우를 모의하였다.



(a) 실험전력 (b) 측정시스템

그림 2. 실험계 사진  
Fig. 2. The photograph of test setup

IEC 61643에 기술된 사항은 통신기기의 경우도 대부분 등전위화를 위한 공통접지 기반에서 사용하도록 권장하고 있으며, ITU-T K66 규격에서도 등전위를 통한 기기의 보호에 대하여 강조하고 있다. [3]

일반적으로 전원선 또는 통신선으로 뇌서지가 침입하는 경우 각각의 접지방식에 따라 기기 내부의 전원선간, 전원선과 통신선간, 통신선간 등의 전위차가 기기의 고장이나 오동작을 일으키는 주요 원인으로 작용하게 되는 것으로 나타나 있다. 또한 선간에 장착한 SPD가 동작하여 전원선간 또는 통신선간의 서지전압을 제한하는 특성은 잘 알려진 사실이나 선과 접지간 입사하는 서지에 대해서는 이해가 부족하다. 선과 접지간 또는 선과 대지간 입사하는 서지에 대해서도 SPD의 장착으로 서지전압이 잘 제한될 것으로 예측하지만 실제로는 SPD가 동작한 후 방류되는 서지전류가 접지 저항 또는 접지임피던스에 의해 전위상승을 유발하기 때문에 다른 선이나 기기쪽으로 전파되는 대지전위는 거의 줄어들지 않는다. 이러한 특성분석을 위해 본 연구에서는 그림 2의 (b)에 나타난 광절연 측정장치를 사용하여 최대 12채널까지 서지전압 및 서지전류를 동시에 측정하여 분석하였다.

그림 3에는 독립접지 방식인 경우 Line-Neutral (L-N) 모드, 즉 전원선간에 서지전압을 인가하였을 때 인가전압, L-N(선간전압), L-G(대지전압), T1-G(통신선1 대지전압), T2-G(통신선2 대지전압), T1-T2(통신선간 전압), 전체 시험전류,

L-T1(전원선과 통신선1간 전압), L-T2(전원선과 통신선2간 전압), N-T1(중성선과 통신선1간 전압), N-T2(중성선과 통신선2간 전압)을 각각 측정하여 나타내었다. 인가전압은 1.2/50 $\mu$ s 뇌서지 전압파형이며 크기는 4[kV]이다.

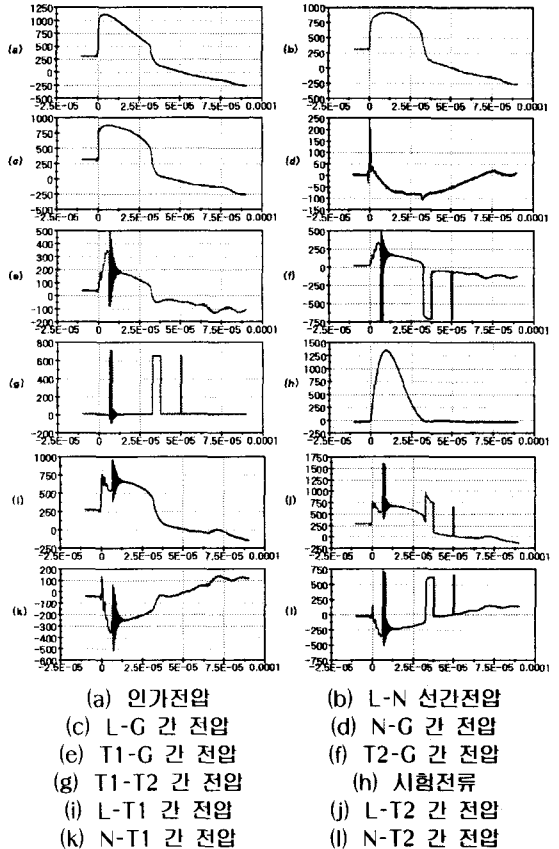


그림 3. 독립접지방식에서 전원선간에 서지 인가 시 각 측정점에서의 전압파형

Fig. 3. Measured voltage waveforms exposed to the lightning impulse current between the powerline and neutral in the isolation grounding method

선간에 장치되어 있는 SPD(ZnO 소자의 바리스터)의 동작에 의해 그림 3의 (a)~(c)에서 전압이 제한되어 나타남을 알 수 있다. (a)의 인가전압은 선로간(L-N)에 서지가 인가되는 지점에서 측정된 전압이며, (b)의 L-N 전압은 팩스의 전원입력단에서 측정된 전압이다. 두 전압값에서 나타나는 차이는 인가되는 인가지점과 팩스 전원입력단 사이에 장치되어 있는 ELB의 내장 SPD, 전원입력단에 장착된 전원용 SPD에 의해 전압이 이중으로 제한되어 나타나기 때문에 발생한다. 즉, 팩스 전원입력단은 인가전압의 경우보다 한 단계 이상의 SPD를 더 거치게 된다. 이러한 결과는 공통접지

방식 및 바이패스 어레스터 방식의 경우도 유사하게 나타나며, 전체적인 특성은 L-N 간에 입사하는 서지에 대해서는 독립접지, 공통접지, 바이패스 어레스터 방식이 거의 유사한 서지전압 특성을 보였다.

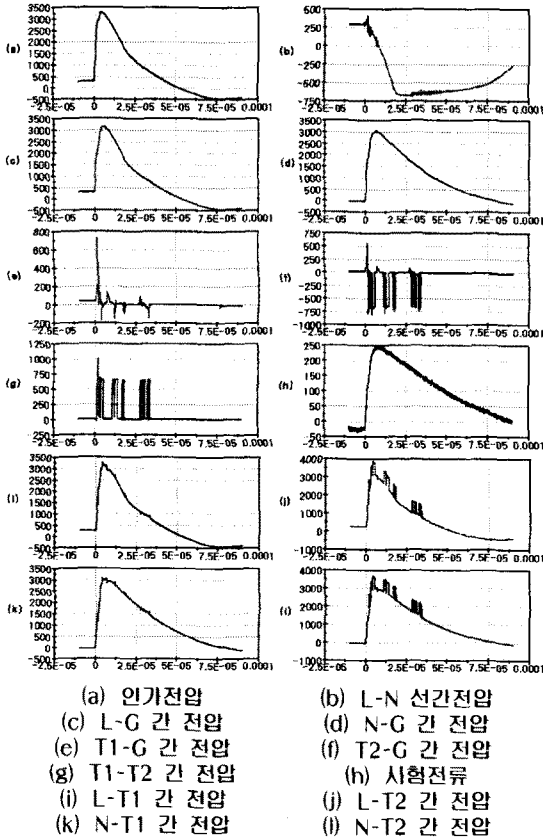


그림 4. 독립접지방식에서 전원선과 대지간에 서지 인가 시 전압파형

Fig. 4. Measured voltage waveforms exposed to the lightning impulse current between the power line and ground in the isolation grounding method

그림 4의 독립접지 방식에서 전원선과 대지간(L-G 모드)에 서지전압이 인가된 경우의 특성은 L-N 모드의 경우와는 매우 다른 특성을 보였다. L-G 모드는 실제로 전원선 1선에 높은 대지전압의 서지가 유입되는 경우를 모의한 것으로 접지시스템을 포함하여 서지가 인가되는 특징이 있다. 따라서 SPD가 장착되어 있더라도 SPD의 동작에 따른 큰 서지전류가 접지임피던스를 통과할 때 전위 상승을 유발하게 되므로 실질적인 서지형태의 대지전위 상승은 거의 제한하지 못한다. 따라서 4[kV]의 전압이 인가되었을 경우 거의 3.4[kV] 정도의 전압이 L-G 간에 나타나게 되며, 독립접지방

식인 경우 L-T1, L-T2, N-T1, N-T2 모두에서 3[kV]가 넘는 서지전압이 나타나게 된다. 이러한 전압은 팩스 내부에서 이들 각 모드에서 절연내력이 낮은 부분의 절연과피를 유발하기에 충분한 전압이며, ITU-T K66에서는 이러한 서지전압에 대하여 "Bad case"로 규정하고 주의하도록 권고하고 있다.[3]

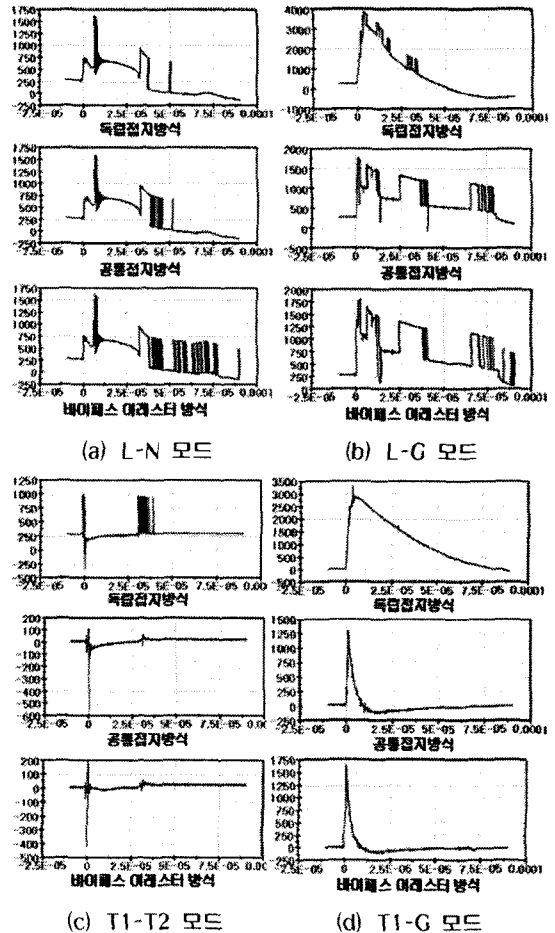


그림 5. 기기 내부의 전원선과 통신선 사이의 전압파형  
Fig. 5. Measured voltage waveforms between the power line and telecommunication line in the equipment

공통접지 방식과 바이패스 어레스터 방식의 경우는 전원선과 통신선 사이에서 약 1.8[kV]의 전압이 나타나고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과로 보면 독립접지방식 보다는 공통접지 방식이나 바이패스 어레스터 방식이 L-G 모드로 침입하는 뇌서지의 제한에 보다 효과적임이 드러나고 있다. 바이패스 어레스터 방식의 경우에는 뇌서지가 입사하지 않는 동안은 두 접지가 독립적으로 존재하게 되므로, 각각의 접지시스템에 부여하는 노이

즈가 다른 접지에 영향을 미치지 않는다는 부가적인 효과도 기대할 수 있다. 하지만 본딩 구간 또는 상호 접지를 연결하는 구간에 갭 방식의 스위칭 소자를 하나 더 연결해야 한다는 점과, 이 갭의 소손 시 독립접지 방식으로 작용한다는 단점도 있다.

그림 5의 (c)는 세 가지 접지방식에 대하여 통신선 측에서 서지전압이 인가되는 경우에 각 모드별 서지전압 특성을 측정하여 나타내었다. 통신선 선간에 서지전압이 입사된 경우에 대한 측정결과와 전원측에 입사된 경우처럼 세 접지방식에 대한 특성이 유사하게 나타났다. 단지 전원측에 장착되어 있는 ZnO 형태의 SPD와는 달리 GDT 형태의 3극관을 사용하여 제한되는 전압의 초기 피크가 상당히 크게 나타난다는 점을 제외하면 전체적으로 전원측으로 전파되는 서지전압의 크기는 비교적 작다.

그림 5의 (d)에 나타난 통신선 1선과 접지간에 유입되는 서지전압에 대해서는 독립접지 방식이 기기 내부의 전압을 나타내는 전원선과 통신선 사이의 전압이 공통접지 방식이나 바이패스 어레스터 방법에 비하여 최대 2배 이상의 높은 전압이 나타나고 있음을 확인할 수 있다. 특히 독립접지 방식에서는 접지임피던스를 통과하는 서지전류에 의한 전위상승이 거의 같은 시정수들을 가지고 전파되는 특징을 나타내었다. 이에 반하여 공통접지 방식과 바이패스 어레스터 방식은 서지전압이 거의 인덕턴스 L에 의해 나타나는 전위상승과 유사하며, 상승시간은 유사하나 반치도달시간이 매우 짧은 약 5[ $\mu$ s] 내외의 전압파형으로 전파되는 특성을 보였다. 서지전압의 크기에서는 바이패스 어레스터 방식보다 공통접지 방식이 약 40% 정도 감소되어 나타났으며, 실제의 통신기기 보호에 가장 효과적으로 분석되었다. 바이패스 어레스터 방식도 상당히 효과적이었으나 독립접지 방식은 L-G 모드 또는 T1-G 모드에 대해서는 기기보호 성능이 가장 저조한 것으로 나타났다.

### 3. 결론

통신시스템에서 전원선과 통신선에서 침입하는 서지에 대해 SPD 설치기법에 따른 실증실험을 수행하였다. 전원선간(L-N)과 통신선간(T1-T2) 사이에 침입한 서지에 대해서는 각 선에 설치한 SPD가 동작함에 따라 접지방식별로 차이가 크게 나타나지 않았다. 하지만 전원선 또는 통신선 한 선과 대지간에 침입한 서지에 대해서는 독립접지 방식 보다 바이패스 어레스터 방식이나 공통접지

방식이 보호효과가 큰 것으로 나타났고 공통접지 방식이 약 40% 정도 감소되어 나타났으며, 실제의 통신기기 보호에 가장 효과적으로 분석되었다. 어레스터 방식도 효과적이었으나 독립접지방식은 L-G 모드 또는 통신선 1선과 대지간(T1-G) 모드에 대해서는 기기보호 성능이 가장 저조한 것으로 나타났다.

### 참고 문헌

- [1] 이복희, 이승철, 정보통신설비의 뇌(雷)보호, 인하대학교 출판부, 2004.
- [2] IEC61643-1, Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Performance requirements and testing methods, 2002.
- [3] ITU-T K.66, Protection of customer premises from overvoltages