

국제전기(주) 부설연구소  
연구원 박철훈

# 전력계통 뇌서지 보호대책

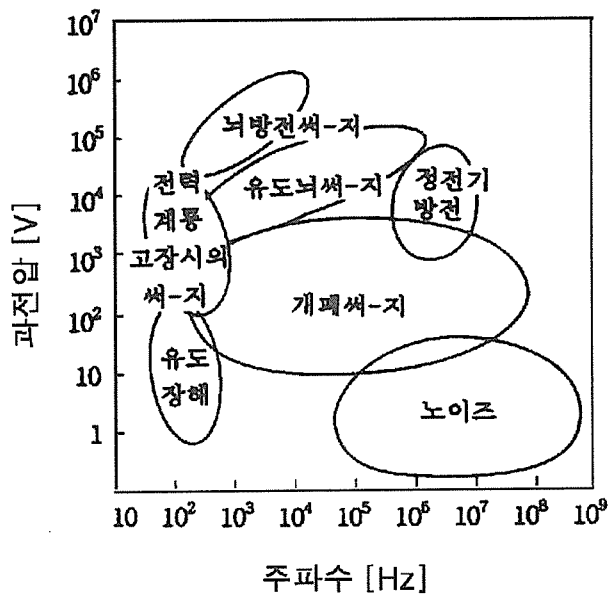
## (AC POWER LINE SURGE PROTECTION)

### 1. 서지의 형태

서지(Surge)란 전기회로나 전기계통에 있어서 정상전압 이상의 순간적으로 또는 간헐적으로 발생하는 과전압이며, 이 서지전압에 의하여 전자기기 특히, 반도체나 IC 등 반도체를 사용한 정보화 기기는 절연파괴나 기능의 정지, 열화 등 여러 가지

영향을 받게 된다. 서지전압 발생원으로는 자연현상에 기인하는 뇌서지와 전기회로계통의 과도현상에 기인하는 개폐서지로 대별할 수 있는데 특히 전기기기에 손상 또는 파괴의 위협을 주는 요소는 뇌서지이며, 이에 대한 보호대책이 절실히 요구되고 있다.

그림 1에 서지의 종류와 노이즈에 대하여 나타



(그림 1) 서지와 노이즈의 종류

내었으며, 노이즈(Noise)는 반도체 등 전자기기에 있어서는 서지와 마찬가지로 작용하며, 불규칙적으로 기기에 침입하거나 기기로부터 방사된다. 서지는 노이즈에 비하여 저주파이고 고전압이며, 노이즈는 저전압이지만 이것 역시 전자기기가 일시적인 기능정지 또는 오동작을 일으키는 요인으로 된다.

서지는 유도, 방사, 전도의 형태로 선로에 유입되며 궁극적으로는 전도의 형태로서 장비에 영향을 주게 된다. 이러한 서지는 소위 일반적인 잡음(Noise)과는 달리 취급하고 있으며, 전자장비에 자주 영향을 주고 또한 유입시 미치는 영향이 큰 것은 뇌방전에 따른 뇌서지와 전력계통의 개폐동작, 전압조정용 용량성 부하의 개폐 동작 및 배전선로의 지락, 단락 등에 의한 것 등을 포함하는 개폐서지이다.

대개의 경우 그 지속시간은 매우 짧고 빠른 전압 및 전류의 변화를 나타내며 지속시간과 상승시간은 보통 수 ns에서 수 ms로서 발생원인에 따라 달리 나타난다. 상승속도에 있어서 서지의 경우는 수  $\mu$ s, 정전기 방전의 경우는 수 십 ~ 수 백 ps이며, 에너지는 서지의 경우 수 십 ~ 수 백 J, 정전기 방전의 경우에는 수 mJ정도이다.

## 2. 통신설비에 유입되는 뇌서지의 특성

최근의 통신기기는 반도체의 부품화 및 기기의 소형화 때문에 뇌서지 등의 고전압에 대한 내뢰특성이 저하되고 있다. 특히 최근 정보통신기기를 전자화함에 따라 통신선로로 침입한 뇌서지가 통신기기 장애를 일으키기 때문에 교환기의 적절한 보호가 요구되어지고 있다. 통신선로에 유기되는 뇌서지 파형의 검토가 서서히 진행되고 있으며,

대지의 도전율을 포함한 통신선로 단말에 유기되는 뇌서지 파형을 구하는 방법도 행해지고 있다. 이상에서와 같이 유도된 서지 파형에 대하여 그 데이터와 이들 결과에 관한 보고는 있지만, 실험에 적용되어지는 일이 적고, 뇌서지 파형에 영향을 주는 요인을 분리한 데이터도 거의 찾아볼 수가 없다. 따라서 이들에 관한 내용은 관측 데이터로서 이용하는 수 밖에 없다.

### 2.1 뇌방전 메카니즘

뇌방전 현상은 뇌운에서 대지로 방전하는 낙뢰(ground discharge)와 구름안에서 방전이 일어나는 운내방전현상(intracloud discharge), 구름과 다른 구름 사이에서 일어나는 운간방전현상(intercloud discharge), 구름과 주변대기 사이에서 일어나는 공전현상(air discharge)으로 나눈다. 이들 중 가장 빈번한 뇌방전현상은 운내방전이지만 실제 전기·전자기기에 영향을 주는 것은 대부분이 낙뢰이다.

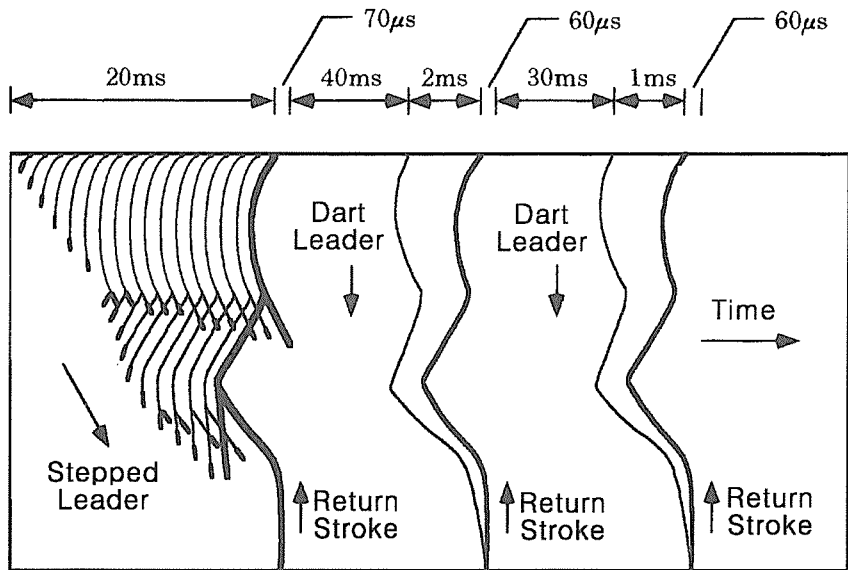
뇌운과 대지사이의 전체 방전과정을 플래시(flash)라 하며, 지속시간은 대체로 0.5sec정도이다. 플래시는 여러 가지 방전과정으로 구성되어 있으며, 그 가운데 스트로크(stroke)라고 불리는 3~4개 정도의 높은 피크전류(펄스형태)가 포함되어 있다. 뇌운과 대지 사이의 방전에 대한 메카니즘은 다음과 같은 기본적인 과정들로 이루어진다.

- ① 예비 절연파괴(preliminary breakdown)
- ② 계단상 리더(steped leader)
- ③ 부착 과정(attachment process)
- ④ 제1 귀환뇌격전류(first return stroke current)
- ⑤ 다투 리더(dart leader)

㉔ 후속 귀환뇌격전류(subsequent return stroke current)

그림 2는 낙뢰의 메커니즘을 시간대역에 대해 나타내었다. 이와 같은 낙뢰현상에 의하여 최종적으로는 대지로 큰 전류가 방출되어, 낙뢰점 근방

의 전위가 상승하고 주변의 기기에 피해를 준다. 뇌방전에 의하여 전력선로 뿐만 아니라 정보통신 선로에 과도이상전압이 유기되고, 낙뢰지점의 전위변동에 의하여 침입하는 뇌서지에 의하여 IC화된 전자통신설비의 전도(upset) 또는 손상(damage)



(그림 2) 낙뢰 메커니즘의 진전과정

<표 1>

뇌방전 파라미터

PARAMETER	90 % *	50 % *	10 % *	최대치	관측 횟수
뇌전류 피크치	2~8 kA	10~25 kA	40~60 kA	230 kA	4,150
뇌전류의 상승률 (10 to 90% Crest Value)	2 kA/μs	8 kA/μs	25 kA/μs	50 kA/μs	40
스크로크의 총 주기	0.01~0.1 s	0.1~0.3 s	0.5~0.7 s	1.5 s	100
펄스 주기	0.1~0.6 ms	0.5~3.0 ms	20~100 ms	400 ms	150
펄스 사이의 간격	5~10 ms	30~40 ms	80~130 ms	500 ms	525
펄스의 파두시간	0.3~2μs	1~4 μs	5~7 μs	10 μs	45
스트로크내 펄스 갯수	1~ 2	2~4	5~11	34	500

Note : 관측자 또는 위치에 따라 변화하는 값의 범위

\* 표시된 값을 초과하는 파라미터 값을 가지는 낙뢰의 비율

를 일으켜 장애를 가져오게 된다.

귀환뇌격전류(return stroke current)의 지속 시간은 100 $\mu$ s정도, 피크전류는 수 십kA, 상승시간은 수  $\mu$ s정도이다. 귀환뇌격전류와 다트리더 사이의 시간간격은 보통 40~80ms정도이고, 계속적인 후속귀환뇌격(subsequent return stroke)이 발생한다. 이와 같은 과정을 반복하면서 결국 중성이 되어 뇌운의 전하는 전부 사라지게 된다.

## 2.2 뇌서지의 유입경로

신호의 전송과 제어에 필요한 통신장치, 제어기기, 전원선 등 여러 가지 설비의 뇌서지의 침입경로는 매우 복잡 다양하며 그림 3과 같으며, 뇌서지 형태는 크게 다음 세가지로 구분된다.

### ① 직격뢰(Direct Lightning)

이 경우는 낙뢰가 지상의 구조물, 전자장비의 안테나, 개수관 또는 급수관 등에 직접 떨어지는 현상으로서 뇌방전에너지 전체가 유입되므로서 극심한 파괴력을 동반한다.

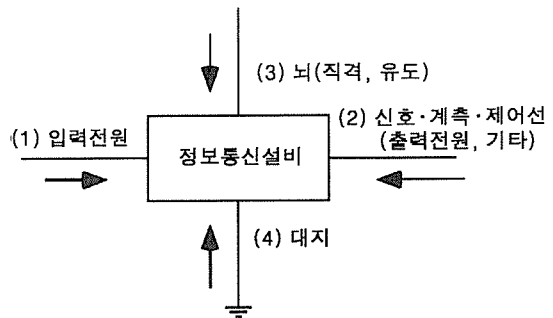
### ② 간접뢰(Indirect Lightning)

낙뢰가 장비를 포함하고 있는 건축물로 인입되는 전력선 또는 신호/통신회로에 건축물로부터 어느 정도 떨어진 거리에 유입되는 경우로서 뇌방전 에너지가 외부 인입선을 따라 장비로 유입되며 많은 경우가 이에 속한다.

### ③ 유로뢰(Induced Lightning)

낙뢰가 지상건축물 주변의 나무나 지표에 떨어지거나 근거리에서 뇌운간의 방전시 나타나는 현상으로서 건물내로 인입되는 전력선 또는 통신/신

호선로에 뇌방전에너지가 유도되어 장비로 유입된다.



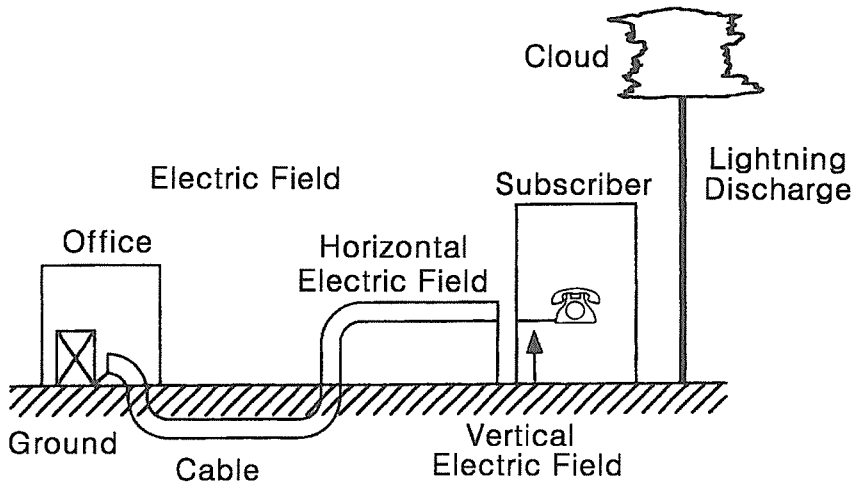
(그림 3) 뇌서지의 침입경로

건물, 피뢰침, 안테나 등에의 직격뢰 또는 근방 낙뢰에 의한 유도뢰에 의하여 침입하는 서지, 전원으로부터 침입하는 서지, 신호, 계측, 제어선 또는 출력전원 등의 부하측으로부터 침입하여 오는 서지, 낙뢰의 대지전류 또는 피뢰기의 방전전류에 의해서 대지의 전위가 상승하여 침입하는 뇌서지, 이들 상호간의 정전적, 자기적인 결합에 의해서 발생하는 뇌서지 등이 있다. 일반적으로 전기기술자는 대지의 전위가 0이므로 단순히 접지만 하면 당연히 0전위로 되는 줄 알고 있다. 대지로부터의 뇌서지침입에 대한 대책이 지금까지는 그다지 중요시 여기지 않았던 것이 있는데, 최근에는 저전압 계통에서 가장 중요한 요소로 대두되었다. 이와 같이 여러 가지 경로를 통하여 복잡다양하게 침입하는 뇌서지를 파악하지 못하고는 합리적인 보호대책을 기대할 수 없다. 따라서 피보호 기기에 침입하는 뇌서지의 침입경로를 정확하게 파악하는 것이야말로 가장 근본적인 대책이며, 핵심 사항이라고 볼 수 있다.

### 2.3 통신선로의 뇌서지 유기기구

낙뢰현상으로부터 선로 단말에 뇌서지가 나타나는 기구를 정성적으로 그림 4에 나타내었다. 낙뢰에 의해 통신선로에 뇌서지를 유기하고, 그 뇌서지에 의해 선로 단말에 연결된 정보통신기기가 장애를 일으킨다. 낙뢰로 인해 공간에 전계가 생기지만 대지가 유한의 도전율을 가진 경우에는 전계

가 진행방향으로 향한다. 이 때문에 선로에는 전계의 수평성분과 수직성분이 인가되고, 이것에 의해 뇌서지가 발생한다. 통신기기는 케이블 심선의 단말에 접속되지만 이들은 가입자 측에서는 심선과 대지간에 뇌서지가 인가되고, 국내측에는 케이블 시-스가 교환기의 접지계통과 공통으로 되기 때문에 심선과 시-스간에 뇌서지가 인가된다.



(그림 4) 낙뢰가 데이터선로와 통신기기에 과전압을 발생시키는 기구

## 3. 뇌서지 보호대책

### 3.1 서지 파형

서지 대책장비의 제작자나 사용자에게 있어서 그 성능평가를 위한 시험방법과 적용하는 여러가지 요소들에 대한 정의를 공학적으로 표준화할 필요성이 요구된다. 이러한 요구에 부응하여 IEEE, IEC, UL, NEMA, CCITT, FCC 등 전기 전자에 관련된 기관에서는 그 동안의 축적된 여러가지

현장 계측결과와 장시간에 걸친 연구활동을 통하여 서지에 대한 표준화 작업을 수행하여 실험규정을 설정함으로써 서지 대책장비에 대한 성능평가 방법으로 널리 사용되고 있다. 서지 시험규격이란 전자계 환경에 의해 발생되어 전기전자 장비로 실제 유입되는 다양한 형태의 서지를 실제 상황과 동일하지는 않더라도 그 특성상 유사한 형태의 재현이 가능한 가상적인 형태의 파형을 규격화하고 시험방법을 규정화한 것이다.

서지시험에 적용되고 있는 파형은 크게 임펄스와

진동파형으로 구분되며, 그림 5~7에 서지시험전압, 전류파형의 개략적인 형태이다.

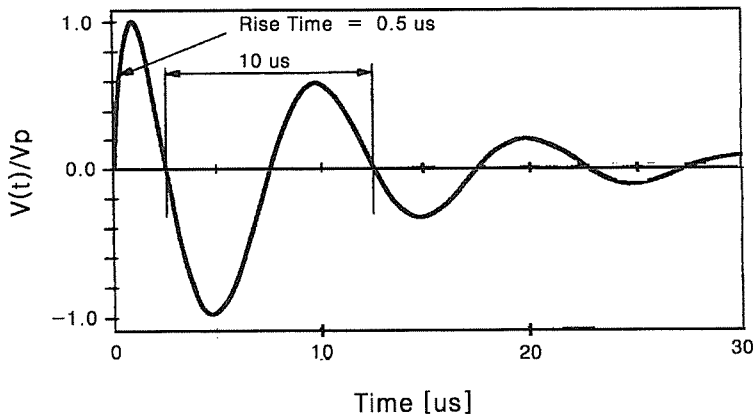
① 임펄스 : 이 파형은 단극성이며 지수함수에 따라 상승하는 파두와 감쇠하는 파미장을 갖는다. 소위 "이중지수파형"이라 칭하며 1.2/50, 8/20과 같이 파두장과 파미장을  $\mu\text{s}$ 로 나타낸다

② 진동파형 : 급격히 상승하는 파두치와 진동 감쇠하는 파미를 가지고 소위 "Ring Wave"라 불리우며  $0.5\mu\text{s}/100\text{kHz}$ 와 같이 파두장과 파미장의 감쇠 진동주파수로서 표시한다.

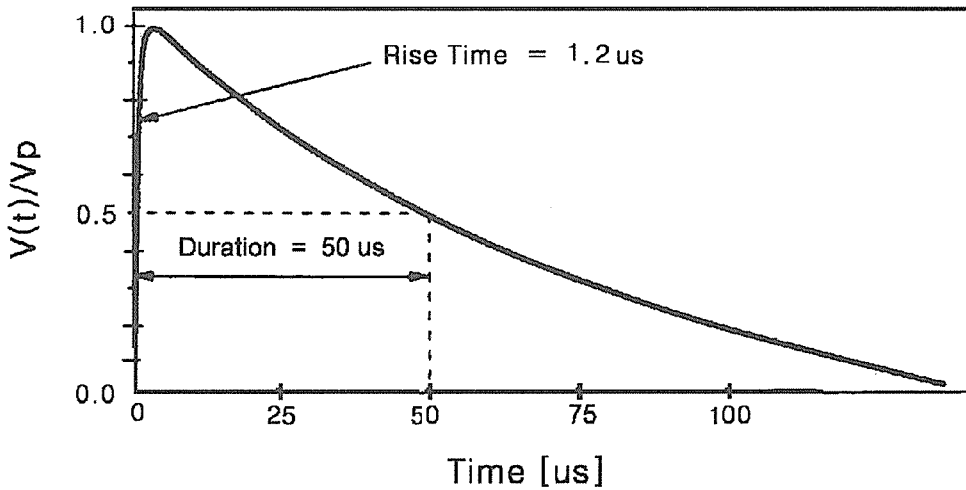
서지파형에 대한 현장실측 자료와 이에 대한 많은 이론적인 연구분석에서 옥내인 경우의 서지전압파형은 높은 절연저항을 갖는 장비에 적용하는 임펄스성 파형과는 달리 도체의 고유주파수(Natural resonance frequency)의 영향으로 진동파형(Oscillatory wavefom)으로 나타나며 계통내의 위치에 따라 파형과 전압이 다르게 나타나며 대부분의 경우 6kHz에서 500kHz 또는 그이상의 대역이며 일반 빌딩이나 생산 공장의 교류 전원인 경우 계측되는 진동파형은 30kHz~100kHz대역으로 나타난다. 옥내에 사용되는 서지 대책장비에

대해 적용되는 표준 서지파형은  $0.5\mu\text{s}/100\text{kHz}$  Ring Wave가 사용되고 있으며 이는 상승시간(Rise time)이  $0.5\mu\text{s}$ , 감쇠진동 주파수가 100kHz이며 매 진동시 극값이 60% 감소하는 파형이다. 이 파형의 진동, 감쇠되는 파미부분은 극성 변화에 민감한 회로에 전압 극성의 변화를 주는 효과를 기대한 것이다.

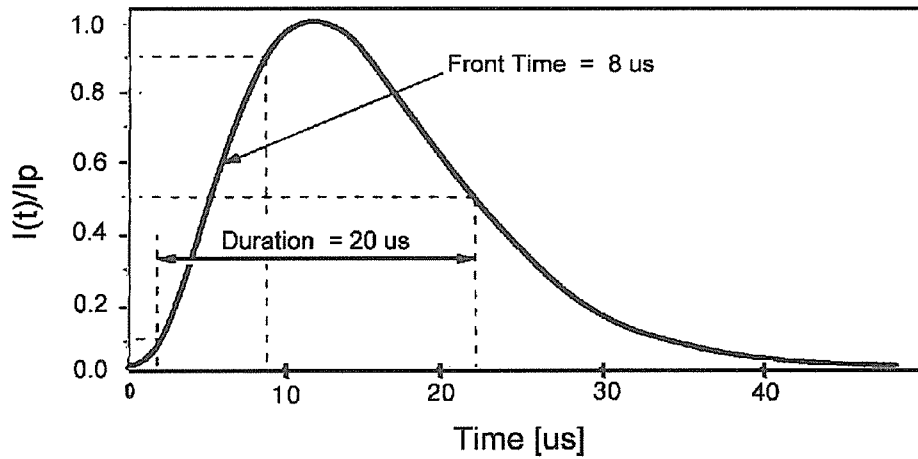
옥외에서 계측되는 뇌서지는 복잡한 파형을 가지며 어떤 경우에는 진동파형으로 또는 단극성(Unidirectional)파형으로 나타난다. 통상적으로 뇌서지는 1.2/50 $\mu\text{s}$ 의 전압파형과 8/20 $\mu\text{s}$ 의 전류파형이 사용되고 있으나 이 파형을 저전압 회로의 대표적인 파형으로 해석하여서는 안된다. 저전압 회로에 있어서 뇌방전에 의해 진동(Oscillation), 반사(Reflection) 및 교란 등으로 유도되어 궁극적으로는 감쇠 진동파형으로 나타난다. 옥외설비 또는 건물 인입단인 경우는 파형과 에너지 측면에서 옥내설비와는 크게 다른 조건이 된다. 사용되는 표준 서지 파형은 고임피던스의 회로에 대하여 적용하는 1.2/50 $\mu\text{s}$ 전압파형과 저임피던스 회로에 대하여 적용하는 8/20 $\mu\text{s}$ 의 전류파형이 있다.



(그림 5)  $0.5\mu\text{s}/100\text{kHz}$  Ring waveform



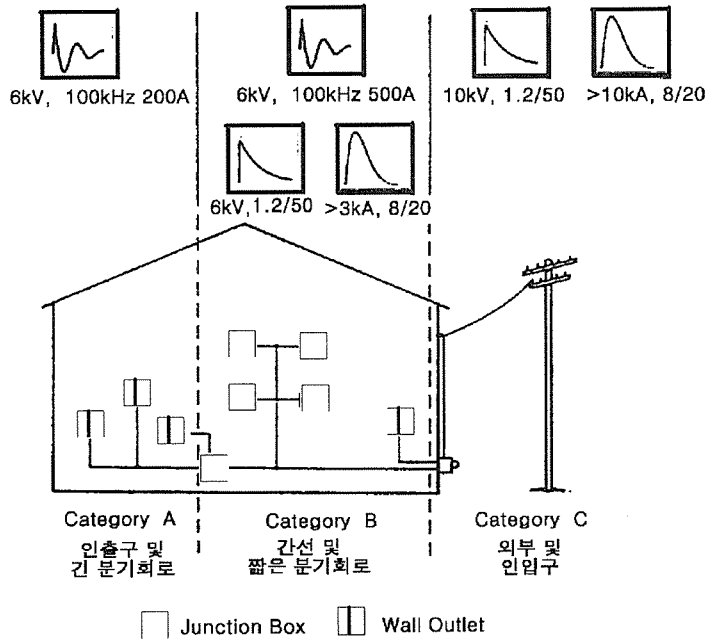
(그림 6) 1.2/50  $\mu\text{s}$  Voltage waveform



(그림 7) 8/20  $\mu\text{s}$  Current waveform

전원계통에 적용하는 서지 표준은 크게 미국의 규격인 ANSI/IEEE 규격과 유럽에서 주로 적용하고 있는 IEC 규격이 있다. ANSI/IEEE C62.41에서는 저전압 전원계통의 설치위치에 따른 적용 표준파형과 세기를 규정하고 있으며, ANSI/IEEE

C62.45에서는 실험방법에 대하여 규정하고 있다. ANSI/IEEE C62.41에서 규정하고 있는 표준파형과 적용위치에 따른 구분을 그림 8에, 시험규격을 표 4에 나타내었다.



(그림 8) ANSI/IEEE C62.41 Location Category

<표 3>

ANSI/IEEE C62.41 Location Category

적용 위치	파형	개방 회로 전압	단락 회로 전류
A 긴 분기회로 인출구	0.5 $\mu$ s/100kHz Ringwave	6 kV	200 A
B 짧은 분기회로 주 간 선 배전반	0.5 $\mu$ s/100kHz Ringwave	6 kV	500 A
	1.2/50 $\mu$ s Impulse	6 kV	
	8/20 $\mu$ s Impulse		3 kA
C 외부와 연결된 가공인입구	8/20 $\mu$ s Impulse		10 kA

**영역 A** : 인출구 및 긴 분기회로에 해당되는 곳으로서 영역 B로부터 10 m(30 $\Omega$ )이내인 장소 또는 영역 C로부터는 20 m(60  $\Omega$ )이내인 장소에

있는 인출구가 포함된다.

**영역 B** : 간선과 짧은 분기회로로 배전반, 산업용 기계 장치의 모선(BUS)이나 간선, 인입구



(Service entrance)로부터 가까운 거리의 중부하 (Heavy appliance), 대형 건물의 피뢰장치 등이 포함된다.

**영역 C** : 외부와 인입구로서 계기와 배전반 사이의 간선, 외부지지물로부터 건물의 인입구까지의 인입선, 인접 건물과의 가공선, 지하수 펌프와 연결한 지하매설선 등이 포함된다. 절연내력시험 시 고임피던스일 경우 1.2/50 $\mu$ s 6kV로 적용할 수 있는 회로이고, 저임피던스는 8/20 $\mu$ s 3kA로 적용할 수 있는 회로이다.

통신선로에 대하여 FCC 규정에서는 Docket 19528 Part 68에 동상성분(Common Mode)에 있어서는 10/160 $\mu$ s, 차동성분(Normal Mode)에 대하여는 10/560 $\mu$ s파형의 서지를 적용토록 규정하고 있다. REA(Rural Electrification Administration)는 대표적인 파형인 10/1000 $\mu$ s파형을 적용하고 있으며, 이외에 CCITT에서는 10/700 $\mu$ s, 100/700 $\mu$ s 및 0.5/700 $\mu$ s 파형 등이 사용되고 있으며, 최대 전압에 있어서도 매우 다양하게 적용되고 있다.

대체적으로 신호선로에는 통신선로에 적용하고 있는 서지 표준을 그대로 적용할 수 있으나 지하매설된 동축 케이블을 사용할 경우에는 통신선로에서 보다 더 급격한 파두 상승시간을 갖고 파미장이 상대적으로 짧아질 것이 예상되는 등 차이점이 있다. 실제로 많은 경우에 다양한 형태로 설치된 신호선을 도처에서 볼 수 있듯이 신호선에 있어서는 어떤 특정한 규격을 적용하기 보다는 설치된 환경을 고려하여 기술적인 감각을 살려 전원용 또는 통신선로용 서지 표준을 적절히 선정하여 적용하는 것이 가장 바람직하다.

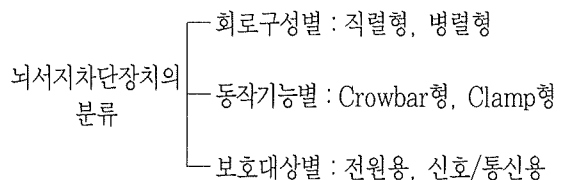
불행하게도 우리나라에서는 서지 시험규격도 없을 뿐만 아니라 이에 대한 연구결과도 대단히 부

족한 상태이다. 따라서 외국의 공인기관(IEEE, IEC, FCC, CCITT 등)의 서지 시험규격을 준용하여 뇌서지 차단장치의 성능평가 시험, 보호장치의 특성파악을 수행하게 된다.

### 3.2 뇌서지차단장치

전기·전자기기가 이상전압에 의하여 파손되는 것은 기기의 절연내력이상으로 선간(차동모드) 또는 선로-대지간(공통모드)에 전압이 인가될 때 절연이 파괴되어 일어난다. 직격뢰에 의한 직접적인 뇌 재해를 예방하기 위하여 피뢰설비를 완벽하게 갖추었다 하더라도 앞서 설명된 바와 같이 간접 또는 유도 및 스위치작동 등에 의해 최종적으로 전도의 형태로 유입되는 서지를 차단하여 장비를 보호하기 위해서는 서지 유입통로인 전원선, 제어 및 통신을 위한 모든 인입선로에 서지 차단을 위한 보호장치의 설치가 필수적이다. 이러한 서지 차단장치의 기본원리는 유입되는 서지전류가 계통내의 회로를 구성하는 여러가지 요소를 통하지 않고 대지로 방류되도록 별도의 통로를 형성해 주는 것이다.

뇌서지 차단장치는 사용목적에 따라 전원용, 신호/통신용으로 구분되며 동작기능에 따라 Crowbar형과 Clamp형, 회로구성에 따라 직렬형과 병렬형을 구분할 수 있다.



뇌서지차단장치에 사용되는 대표적인 요소 부품은 바리스터(Varistors), 스파크 갭(Spark Gap) 및 반도체형 등이 있으며 각각 그 성능에 있어서 방전용량, 전압제한 성능, 규격 및 적용회로의 정상작동에 미치는 영향 등 장단점이 있다. 즉, 모든 회로에 공통으로 적용할 수 있는 이상적인 부품은 없으며 경우에 따라 인덕터, 캐패시터 등 보조 부품과 또는 요소부품을 조합하여 적용하고자 하는 회로의 특성에 맞추어 설계된다.

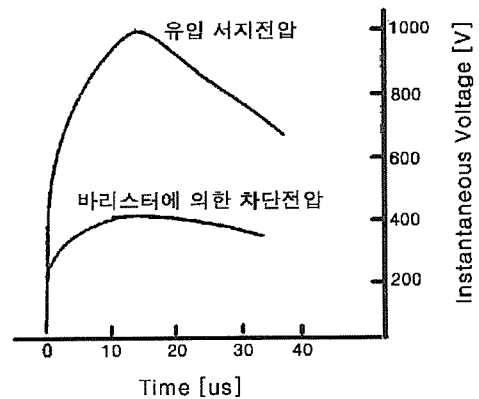
이런 부품들은 일반적인 저항과는 달리 일정한 설정전압하에서는 MΩ대의 저항치를 유지하여 누설 전류가 흐르지 않도록 제작되어 서지 유입이 없는 상태에서는 적용회로에 영향을 주지 않는다. 그러나 서지전압에 의해 작동되어 서지전류가 흐르게 되면 서지전류에 대하여 부품 단자간에 전압이 형성되며 이 단자간의 전압이 소자의 보호특성을 결정하는 요점이 된다. 따라서 통과하는 서지전류의 크기가 다양하게 변화하더라도 단자간의 전압이 가능한 한 낮게 유지되어야 한다. 서지전류의 세기와 전압의 상승시간이 다양하고 적용대상 회로 또한 다양하므로 실제로 사용되는 뇌서지차단장치 또한 다양한 형태로 설계 된다.

#### ① 바리스터 (Varistors)

바리스터란 Variable resistor를 뜻하며, 전압에 대하여 비선형성 저항특성이 요구되는 회로에 광범위하게 사용되고 있는 부품이다. 서지차단용으로 사용되는 바리스터는 다결정 반도체(Polycrystalline semiconductor)를 반도체 양면에서 리드선을 뽑고 절연물로 입힌 형태로 제작되며 사용되는 반도체의 재질, 단면적 및 두께와 제작과정에 의해 전기적인 특성이 결정된다. 바리스터의 성능은 서지전류 특성과 전압제한 능력으로 평가되며 제한된 서지전류 이내에서 제한전압이 낮은

장점이 있다.

그림 9는 저항성 부하의 양단자간에 나타나는 서지전압을 바리스터를 적용했을 경우와 않았을 경우를 보여준다. Spark Gap과 같은 아아크를 발생하는 소자와는 달리 바리스터나 제너다이오드는 소자는 양단에 걸리는 전압 또는 전류에 비례하여 반응하며 서지전압 차단동작시에도 회로의 정상적인 작동에는 영향을 주지 않는다.



(그림 9) 바리스터의 전압제한 효과

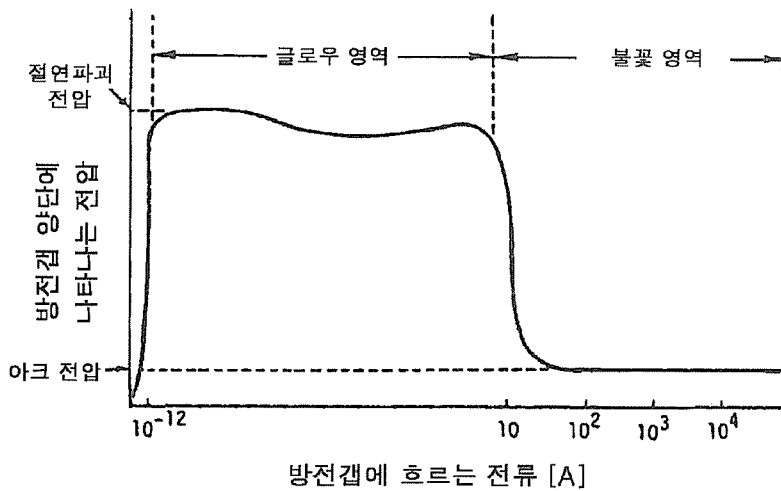
#### ② 방전갭(Spark Gap : 아아크 방전 소자)

이 형태의 서지 차단소자는 I-V특성이 매우 복잡하여 적용회로에 줄 수 있는 영향을 고려하여 사용하여야 한다. 뇌서지 차단장치로 사용되는 소자중 가장 큰 서지전류용량으로 제작이 가능하며 이 장점은 직격뢰가 예상되는 곳에 적용할 수 있는 가장 중요한 요소로 작용한다. 여러가지 보호 소자중 방전갭은 가장 작은 정전용량을 갖는 소자로서 이 장점 때문에 고주파 회로에 적용할 수 있는 유일한 보호대책으로 사용된다.

방전갭 단자간의 전압이 충분히 높아져 방전관 내부에서 방전이 시작되면 내부 단자간에 방전전

류가 흐르게 된다. 방전갭은 종류에 따라 정해지는 허용전류값에 의해 방전전류가 제한치 이하로 작아지거나 단자간의 전압이 글로우 방전이나 아아크 방전전압 이하로 낮아질 때에 방전상태에서 정상상태로 복귀된다. 방전갭은 적용방법에 따라 에너지 내력, 방전전압 및 포장 사양등 다양한 모

델이 생산되며 수 백 A에서 수십 만 A의 전류용량까지 가능하다. 또한, 방전전압에 있어서도 요구 사양에 따라 최소 DC 수 십 V에서 수 천 V에 이르기 까지 다양하게 생산되며, 방전전압, 반응속도 및 에너지 용량에 따라 선정된다.



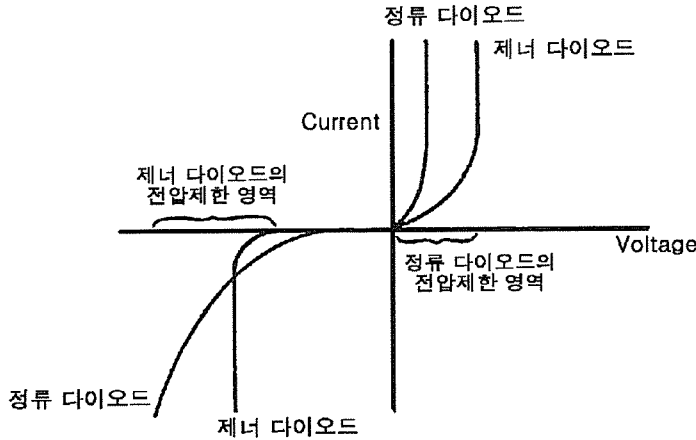
(그림 10) 방전갭의 I-V 특성곡선

### ③ 반도체 소자

서지차단을 목적으로 사용되는 반도체에는 제너(Zener)다이오드를 포함하여 사이리스터(Thyristor)계열의 소자 등이 있다. 이러한 반도체 소자도 그 원리에 있어서 바리스터나 방전갭과 같이 서지 유입시 낮은 임피던스의 분류회로를 형성하여 피보호장치를 보호한다. 반도체 소자는 파두치의 상승속도가 매우 빠른 서지에 대하여 빠르게 반응하는 장점이 있다. 또한 반도체형 소자는 다른 서지 차단용 소자에 비하여 매우 낮은 제한전압이 요구되는 회로에도 적용할 수 있는 모델도 있어 반도체 회로보호용으로 매우 광범위하게 사용

된다. 그림 11은 제너 다이오드의 서지에 대한 V-I 특성이다.

SCR(Silicon controlled rectifier)이나 TRIAC(Bidirectional triode thyristor)과 같은 사이리스터계열의 소자도 서지 차단용으로 사용될 수 있다. 그러나 사이리스터 계열의 반도체는 다이오드와는 달리 게이트를 ON시키기 위한 전압이 필요하므로 전압 감지를 위한 부품과 병행하여 회로구성을 해야 한다. 이 형태의 보호장치는 서지나 과전압이 유입될 경우 교류 또는 직류 전원계통의 차단기 개방용으로 사용되며 복구는 차단기를 닫음으로 자동으로 이루어진다.



(그림 11) 다이오드의 V-I 특성

이상의 대표적인 보호소자들을 복합적으로 구성하여 뇌서지차단장치를 설계하게 되고, 바람직한 보호장치회로에 요구되는 성질은 다음과 같다.

- ㉠ 정상상태에서 시스템에 미치는 영향이 없어야 한다.
- ㉡ 보호단자의 전압차단이 확실해야 된다.
- ㉢ 예상되는 과도전압이 침입하였을 때 보호장치가 견딜 수 있어야 한다.
- ㉣ 고속 응답이어야 한다.
- ㉤ 유지보수가 간편해야 한다.
- ㉥ 누설전류가 적어야 한다.
- ㉦ 연속적인 과도전압에 대해서 보호할 수 있어야 한다.
- ㉧ 가격이 저렴하여야 한다.
- ㉨ 차단 후 잔류전압 또는 에너지가 적어야 한다.

여러가지 경로를 통하여 침입하는 뇌서지로부터 전자기기 및 정보화 기기를 보호하기 위해서 각 침입경로에 뇌서지차단장치를 설치하거나 대기전위상승을 억제하는 방법 등을 생각할 수 있다. 뇌서지의 빈도나 세기, 피보호 기기의 중요도 및

내전압 특성에 따라 보호방식과 차단장치의 성능도 다르게 정해진다.

#### 4. SWC(surge withstand capability)의 시험방법 및 절차

- swc 시험은 relay 동작회로와 보호회로를 위해 제정되었다.  
이 시험은 디지털 프로세스도 포함되며, 릴레이 및 주변회로의 시험에도 적용되고 있다.

##### 4.1 시험 항목의 정의

서어지 시험과 릴레이 회로에 적용되며, 그밖의 사항으로는 IEEE C 97. 100-1981에서 규정한 Definition for power switchgear를 적용한다.

- 1) common-mode voltage : 전송전압은 각기 다른 신호선에서도 접지와 동일한 위상이 나타난다.
- 2) current circuit : 1차전류 측정시 나타나는

- 전류 또는 전압의 입력회로를 의미한다.
- 3) digital data circuit : digital 신호로 전송하는 어떤 회로든지 릴레이 회로를 구동하기 위한 신호이며 digital circuit로 취급한다.
  - 4) measuring unit : 릴레이 제어 회로 출력에서 생성된 신호 또는 입력전압, 전류를 분배하는 디지털, 아날로그 부품을 의미한다.
  - 5) output circuit : 릴레이 회로에서 나와서 전력 스위치 트립과 close를 생성하는 직·간접 신호회로를 의미한다.
  - 6) power supply circuit : 릴레이 회로의 입력전원의 회로로서 릴레이 회로의 공급전원을 의미한다.
  - 7) relay logic : 제어회망이 계측부의 출력과 다른 출력회로에서 오는 입력들과 논리적으로 만나는 상태를 의미한다.
  - 8) signal circuit : 입출력 전압, 전류, 전원회로를 제외한 대부분의 회로를 말한다.
  - 9) surge ground : 서어자 보호를 위해 릴레이 회로에서 웹부로 연결된 단자 또는 접지 bus를 말한다.
  - 10) transverse mode voltage : 신호가 전송될 때 그 두도체간의 생성되는 유도전압
  - 11) voltage circuit : 입력회로에 공급되는 1차 전압, 전류를 측정할 입력회로

#### 4.2 전압의 인가부위

- 인버터 입력회로
- 인버터 출력회로
- 충전기회로

#### 4.3 SURGE TEST 절차

- 1) 입력배선에 L, C 성분의 network에 impulse generator을 연결한다.
- 2) impulse generator을 통하여 surge의 보호장치를 구성한다.
- 3) SWC의 시험은 진동파형의 특성/주파수 범위 1.0~1.5MHz 전압의 범위는 2.5~3kV 첨두 값의 초기 peak값을 갖는 파형이어야 하며 최초의 목표에 50% 값에서 6 $\mu$ s 이내에 도달하여야 한다.  
이때 시험파에서 발생한 전원 Z=50~200 $\Omega$  시험를 반복실시한 경우에는 초당 50회를 넘지 말고 1번 충격과 2번 충격과의 간격은 2초이내이어야 한다
- 4) 이때 파형의 일반적인 특성과 시험후 특성을 비교한다.
- 5) 전원을 인가후 특성의 이상 유무 확인
- 6) 전압 및 전류가 정정치 일치여부
- 7) Impedance의 insulation 상태 (L-G, N-G, L-L)
- 8) surge block Equipment Under Test (EUT)에서 filter에서 분배되는 주방향과 일치여부
- 9) 일반적으로 surge high terminal과 다른 power line과 연결된 via capacitor 구성
- 10) 모든 라인에 feedback을 output 부분에 EUT, grounding conductor 준비를 배제하고 surge tests에 connector를 연결한다.

#### 4.4 TEST POINT

- 1) 단상 전원 시스템에서는 EUT power에 2개의 wires, line, neutral과 2개 line pulse에 center-tapped neutral 연결하고 또한

grounding 도선에는 연결하지 않는다.

- 2) 릴레이 시스템의 원격감시 기능이 포함되어 있다면 주고 받는 신호의 확인
- 3) 모든 항목 판정을 연결하고 릴레이 시스템과 외부회로의 시험
- 4) 공칭 CT비는 전압비와 전류비는 같은 75% 되도록 릴레이 시스템 구성
- 5) surge ground system 연결시 다른 일반적인 시험을 실시한다.

- 1) 현재의 출력에서 정상상태의 오차가 발생할 경우 교정해야 할 부분이 발생한다.
- 2) target lights, trip pulse, loss of digital pulse synchronization 발생
- 3) open circuit voltage, waveform, short-circuit current waveform 등 세부사항의 surge generator circuit 기술할 수 있어야 한다.
- 4) 공급자와 사용자는 surge로부터 control circuit을 보호기능이 있어야 한다.

#### 4.5 판정기준

**국제유가급등! 에너지는 달려입니다.**

