



# 서지의 발생에서 방지까지 ④

비사달기전(주) 이사 허 광 무



## 목 차

제1장~제2장 생략

제3장 피뢰침과 접지

3. 접지

제4장 Surge Protection에 사용되는 보호소자

1. Varistor
2. Gas Tube
3. Zener Diode
4. SCR
5. TransZorb
6. 각 보호소자의 특성과 응용 회로

제5장 Surge로 부터 보호대책

1. 단계별 검토 사항
2. 발생 원인별 대책
3. 전이 과정별 대책
4. 개폐 및 기동에 의한 Surge
5. 통신선 및 신호선 서지 대책
6. 종합적인 서지 대책

제6장 Surge 방지기

1. 서지 방지기의 기본

## 2) 토양별 저항률

토양의 종류	저항률( $\Omega \cdot m$ )
ぬ 및 모	80~200
점토질 모래	150~300
모래	250~500
사암 및 암반지대	10,000~100,000

토양입자의 크기와 성질이 저항률에 미치는 영향

지하수를 포함하는 토양의 성질	저항률( $\Omega \cdot m$ )
콜로이드 모양으로 분산된 점토	300~1,000
세밀하게 조성된 점토 또는 모래	1,000~10,000
중간정도로 분산된 모래	10,000~40,000
불규칙적으로 분산된 자갈 및 거친돌	40,000~170,000

대지저항률은 계절변동이 있는데 일반적으로 겨울에는 높으며, 여름에는 낮다. 이것은 토양의 온도와 습도의 영향이다.

접지공사의 어려움을 구체적 예를 들어 보면, 일반적인 접지공법의 동판매설(900mm×900mm×1.5t의 동판 1장을 깊이 750mm에 매설)에서 10 $\Omega$ 의 접지저항을 얻기 위해서는 30~50 $\Omega/m$ 의 낮은 대지저항률이 필요하다.

동판을 복수 매설하여 연결접지를 하더라도 대지저항률 500 $\Omega/m$ 이 한계다.

따라서 대지저항률 500 $\Omega/m$  이상의 장소는 낮은 접지저항치를 얻기 어렵다.

산악지대 등 대지저항률이 높은 곳에서의 접지공법은 시공 가능한 면적, 시공의 난이성, 경제성, 접지저항의 경년변화 등을 고려하여 선정

하여야 한다.

산악지대의 접지공법으로는 일반적으로 부지면적을 고려해야 하기 때문에 메쉬접지나 메쉬 접지를 응용한 공법(메쉬접지+저감제 등)이 적합하다.

보링접지는 낮은 저항을 얻는 면에서는 효과적이지만 높은 지대로 보링기계의 운반, 시공상의 안전 등 문제점이 많아 채용시에는 충분한 검토가 필요하다.

접지공법과 특징

접지저항	시공법 및 특징	시공장소의 특징	
		대지저항률	부지면적
봉전극	금속봉을 대지에 타설한다. 대지 저항률이 낮은 장소에 적합하다. 소정의 저항치를 얻기 위해 복수의 봉전극을 연결하는 경우도 있다.	낮다	좁다
매설접지판	금속판을 수평 또는 수직으로 매설한다. 비교적 대지저항률이 낮은 장소의 낮은 저항접지(10Ω)에 많이 이용된다.	낮다	중간
심타접지 (보링접지)	보링기계로 직경 4~8cm의 구멍을 깊이 10cm이상 굴삭하고 그 안에 봉상태의 전극을 넣는다. 대지 저항률이 높고 부지면적이 낮은 장소나 낮은 저항 독립접지가 필요한 장소에 적합하다.	높다	좁다
매설지선	도선을 대지에 수평으로 매설한다. 암석 등의 장애물이 있는 대지에도 시공이 가능하다.	중간	넓다
메쉬접지	도선을 메쉬상태로 대지에 매설한다. 부지면적이 큰 경우에 접지전위 경도를 배려할 때 적합하다.	중간	넓다
메쉬접지 +저감제	상기 메쉬접지매설 지선의 주위를 저감제로 덮는다. 매설후 도선과 저감제가 하나로 되어 전극을 형성한다. 대지저항률이 높고 부지가 넓은 곳에 적합하다.	높다	넓다
메쉬접시 +저감제 +심타접지	상기 메쉬접지+저감제 공법에 심타접지(보링접지)를 추가하는 병용 접지다. 대지저항률이 매우 높고 부지가 넓은 장소에 적합하다.	높다	넓다

### 3.5 접지와 Surge의 관계

#### 1) 접지에 따라 서지가 미치는 영향

인명이나 기기의 보호를 위해서 접지는 설치가 필수적이지만, Surge의 측면에서 보면 접지가 있으므로 인하여 훨씬 많은 Surge가 유입되

며, 접지의 성능이 우수 할수록 Surge의 유입은 많아진다. 그 이유는 낙뢰등으로 지면에 형성된 강한 Surge가 접지선을 타고 들어가 전기·전자기기의 Ground 전위를 높이기 때문이다. Ground의 전위가 상승한다는 것은 반대로 전원전압이 하강하는 것을 의미 하므로 이로 인하여 부품의 파손을 일으킨다.

서지방지기의 설치를 위하여 실제 현장에 가 보면 서지방지기를 설치하기 곤란한 경우를 많이 보게 된다. 실제로 전에 양수발전소를 방문한 적이 있었다. 그런데 지면에 상자형의 접지를 만들어 놓고 그 위에 제어시스템들이 설치되어 있었다. 서지방지기를 설치 하면 그 서지방지기로 부터 분기된 접지를 사용하여야 하는데 이 경우 그 것이 사실상 불가능하여 설치를 하지 못하는 부분이 있었다. 이러한 부분은 설계당시서 부터 고려할 사항이다.

#### 2) 낙뢰서지 방지를 위한 간이접지

기존의 접지가 되어 있지 않아 간이접지를 하는 경우에는 접지봉의 끝이 노면에 노출되도록 하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다. 특히 마사토지역 등 접지 저항값을 낮출 수 없는 지역은 특히 그러하다. 낙뢰란 거의 대부분 비가 오는 상황에서 발생하게 되며, 이러한 경우 지면은 젖어 있게 되고, 접지봉이 노출되어 있으면 접지저항값은 극히 낮아지게 되기 때문이다.

### 3.6 접지로 유입되는 서지에 대한 대책

지면의 전위 상승이나 유도로 인하여 접지선으로 부터 유입되는 서지를 막기 위해서는 다음과 같은 방법들을 써볼 수 있다.

- 전력선에 절연트랜스(복권트랜스)을 사용한다. 절연트랜스는 접지로 부터 유입되는 서지에 관해서는 가장 좋은 방법이지만 전원선으로 유입되는 서지를 막기에는 상당히 미흡하다.
- 서지방지기를 써서 전력선과 접지로 부터 들어오는 서지를 함께 막는다. 이것은 비용과 효과의 효율상 가장 효용성



이 좋다.

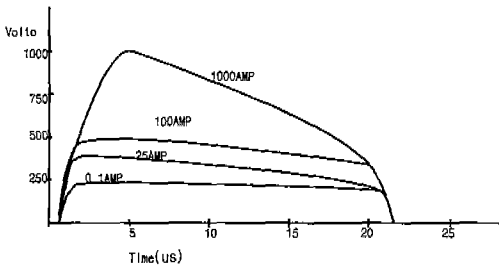
### 제4장 Surge Protection에 사용되는 보호소자

Surge와 같은 과도전압을 억제하는 소자는 여러 종류가 있지만 그 대표적인 소자 몇 가지만 소개한다.

#### 1. Varistor

전극 양단에 걸리는 전압과 전류에 따라 변화하는 가변저항형 부품이며 비직선적인 저항 특성을 나타낸다.

전류, 전압 특성을 살펴보면 아래와 같다.



Varistor에도 여러 종류가 있지만 산화아연으로 만든 MOV(Metal Oxide Varistor)가 전기, 전자회로에서 4V 이하의 소용량 부터 대용량에 이르기 까지 다양한 전압, 전류 범위에서 과전압억제회로에 많이 쓰이고 있다.

위 그림에서 보듯이 breakdown voltage까지는 high impedance를 유지하나 threshold를 넘으면 급격히 impedance가 저하되어 Surge 전류가 ground 등 주어진 경로로 흐르게 된다. 따라서 병렬로 접속되어 있는 부하는 Surge로부터 안전하게 보호된다.

반응속도가 1ns(nano-second) 이하의 고속이며, 비교적 큰 Surge energy를 handling 하며, 전원용 대용량 서지방지기는 module 형태로 조합되어 Surge 내량을 증가 시킨다.

MOV를 선정할 때는 다음 사항을 필히 고려하여야 한다.

첫째는 정격과 에너지내량이고, 둘째는 clamping 전압이 얼마인가를 알아야만 효과적으로 보호할 수 있다.

그 외에 누설전류, 반응속도, 비직선지수 등을 고려해야 할 것이다.

통신용에 MOV를 사용할 때는 특히 누설전류와 capacitance에 의하여 일어나는 감쇄현상 및 노이즈의 유입에 주의 하여야 한다.

아래의 표는 어느 회사의 MOV를 당사에서 시험한 결과다.

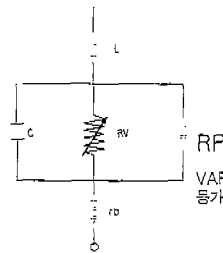
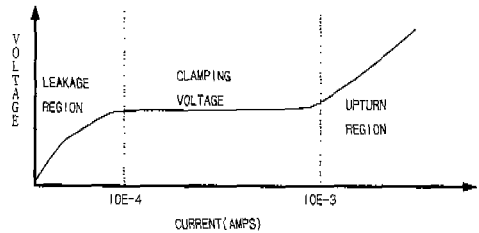
크기(D)	동작개시전압(V)	서지내량(A)	capacitance	C/100A
10	200V	2500	598	23.92
14	200V	4500	1180	26.22
20	200V	6500	1726	26.55

도표에서 보듯 MOV의 capacitance는 상당히 크며, 서지내량이 클수록 서지내량 대비 C값도 커진다는 것을 알 수 있다.

MOV를 회로에 적용 할 때는 서지가 내량이 상으로 유입되었을 때 소자가 파손되면서 연기가 다량 발생하며, 파편이 비산 한다는 점을 유의 하여야 한다.

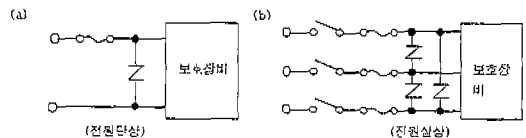
때문에 주요 소자에서 원거리에 배치하거나, 아예 격리 시키는 것이 바람직하다.

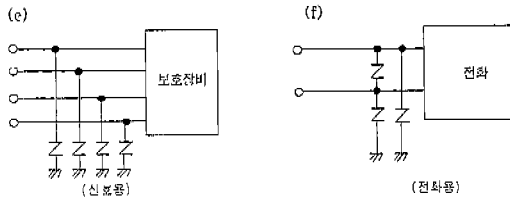
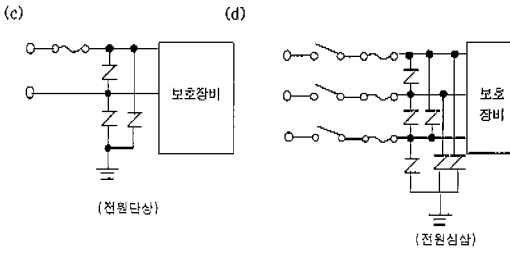
V vs I CHARACTERISTICS OF MOV



VARISTOR의 전기적인 기능은 단순한 등가회로로 표현할 수 있다.

실제 VARISTOR의 응용 예





## 2. Gas Tube (Spark Gap Arrester)



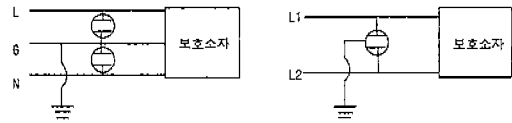
전극을 일정 간격으로 밀착 시켜서 양단에 인가되는 전압에 따라 방전을 유도하는 형태의 소자로서 전극을 보호 하기 위해 밀폐시킨 후 진공상태에 Neon, Argon 등의 불활성 gas를 적정 비율로 주입시켜 전극을 보호하여 방전을 원활히 한다.

2~3극으로 clamping voltage가 90V~1,000V 까지 다양하며, Surge current capacity 가 가장 높아서 300,000A 까지 Surge current 를 handling할 수 있다.

높은 Surge 까지 방전시킬 수 있는 장점이 있는 반면 응답속도가 느리기 때문에 요즘에는 특수한 경우에만 사용하고 있다. 하지만 threshold 전압이 인가 되어야 동작하고, 평상시에는 누설 전류가 거의 없다는 장점 때문에 통신계통에서 고속의 정보처리를 원하는 경우에 다른 소자와 결합하여 사용한다.

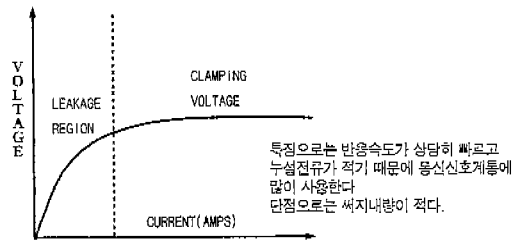
선정할 때는 breakdown voltage를 고려하여 clamping 전압을 최소화할 필요가 있다.

응용 예)

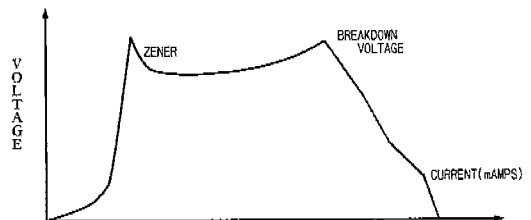


현재 일반 소비자가 흔히 볼 수 있는 것으로 전화단자함에 내장되어 있는 가입자보호기를 들 수 있다.

## 3. Zener Diode



## 4. SCR



Zener Diode와 마찬가지로 반응속도가 100 ns 이하이며 누설전류가 적어 고속 Data용으로 적합하다.

## 5. TransZorb

TransZorb Suppressor(TVS)는 과전압(transient voltage)에 적용 하고자 설계된 P형반도체소자로서 Surge 제어능력이 좋고 응답시간이 빠르고(1×10<sup>-12</sup>sec)직렬저항이 낮은 PN Silicon 전압 역압소자이다.

TransZorb 과전압 역압소자는 유도성 및 스위칭 현상이 나타나는 항공기의 항공전자 장치

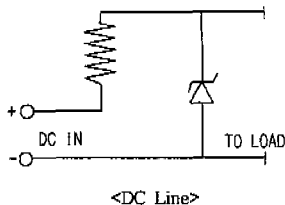
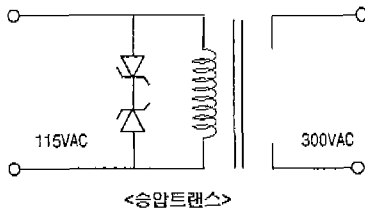
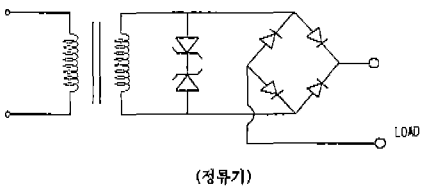
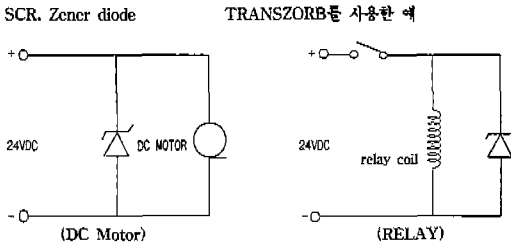


와 제어장치, 이동하는 통신장비, computer 전 원장치, 수차제어기 등에 매우 유용하다.

빠른 응답시간과 낮은 clamping factor들 때문에 TransZorb 소자는 IC, MOS 소자 Hybrids와 다른 전압반응소자들을 보호할 수 있다.

또한 peak power 정격을 높이기 위해서 직렬 또는 병렬로 사용 한다.

주의해야할 점은 capacitance(2000~3000pF)가 높아서 고속통신의 경우 속도의 저하를 초래하며, 화상통신의 경우 해상도를 떨어뜨리는 경우가 있으므로 이런 회로에 적용할 때는 신중을 기해야 한다.



### 6. 각 보호소자의 특성과 응용 회로

### 6.1 각 보호소자의 특성 비교

가장 보편적으로 사용 하는 3가지 소자의 특성을 상대적으로 비교 한다.

써지보호소자 비교 분석

소자 항목	MOV	Spark Gap (Gas Tube)	Trans Zorb	비 고
동작방식	억제형	방전형	억제형	
반응속도	<1 <sup>ns</sup>	<1 <sup>μs</sup>	<1 <sup>ns</sup> 가장 빠름	
capacitance	500pF	1pF Max	50pF	
Leakage Current	1,000nA	<1P A	10,000nA	
서지내량	큼(억제전압이 높아질수록 용량이 커짐)	큼(억제전압이 높아질수록 용량이 커짐)	작음(억제전압이 높아질수록 용량이 작아짐)	8/20 <sup>μs</sup> Waveform
억제전압	보통	높음	낮음	
가격	낮음	보통	높음	내량대비
장점	· 적용범위 넓음 · 확장성 좋음	· 안정성	· 억제전압이 정밀	
단점	· 파괴 위험성 높음 · 온도 습도에 영향	· 수명이 짧음 · 고압서지에 취약		

### 6.2 새로운 소자들의 개발 동향

전원용의 경우 MOV가 아직 까지 주류를 이루고 있으며, 앞으로도 상당 기간 이에 대치할 만한 소자는 나오지 않을 듯 하다.

통신용에 사용하는 소자는 상당히 빠른 속도로 발전하고 있다. 초기에는 gas tube를 사용하는 것이 일반적이었고, 현재도 일부 분야에서 사용되고 있다. 다음 단계로 개발된 것이 Transzorb로 기존의 gas tube가 감당하지 못했던 0~50V 급의 통신에 사용 하게 되었다. 최근에는 Transzorb가 capacitance가 높은 관계로 통신 지연 및 잡음의 유입이 발생하자 capacitance를 1pF 미만으로 줄인 소자들이 등장했다.

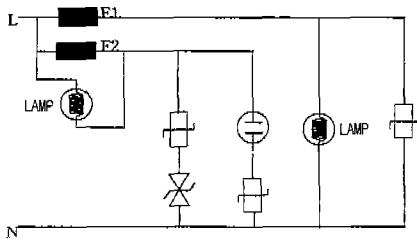
### 6.3 보호소자를 응용한 대표적인 회로

대표적인 회로에는 보호소자를 2개 이상을 복합적으로 여러단을 직, 병렬 연결하여 사용하

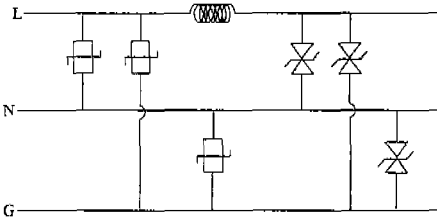


는 경우가 많다. 소자 1개가 가질 수 있는 에너지 내량을 이용하여 Surge 보호설비 내량을 증가시키고, 소자 특성에 따라 Surge 보호설비의 응답속도를 빠르게 설계 하므로 어떤 소자를 사용 했는가에 따라 Surge 보호설비의 성능이 좌우된다.

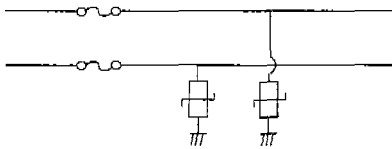
예1)



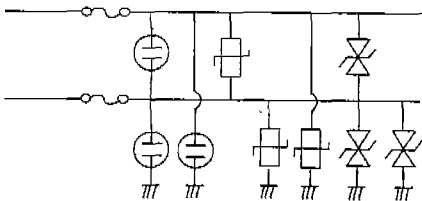
예2)



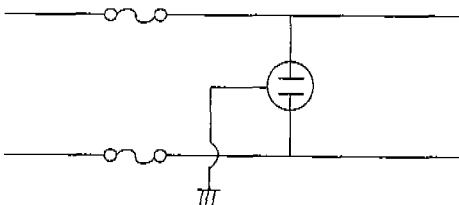
예3)



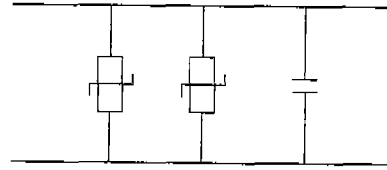
예4)



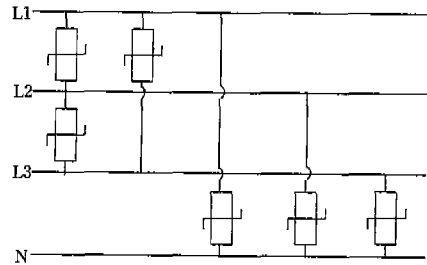
예5)



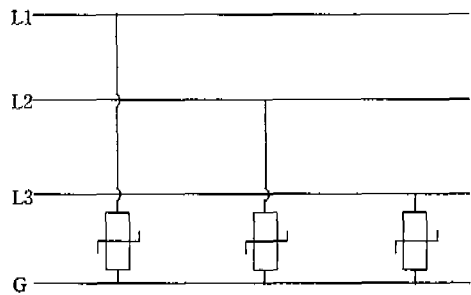
예6)



예7)



예8)



## 제5장 Surge로부터 보호대책

### 1. 단계별 검토 사항

공장, 건물, 제조공정, 통신시설 등 전반적으로 전원에 요구되는 power quality를 검토함으로써 낙뢰 및 Surge로부터 효과적이고, 경제적인 해결책을 찾을 수 있다.

아래에 검토시 참조할 단계를 예시한다.

#### 1.1 보호 설비 및 기기 선정

DCS, PLC, SCADA, Industrial Process Controller, Computer Network System, IBS, Cellular Station, Broadcasting, UPS 등 보호해야할 주요 설비 및 기기의 목록을 작성한다.



## 1.2 Surge의 크기와 발생원(發生源)

### 1) 크기

낙뢰의 가능성, 내부적으로 발생하는 Surge의 크기 등을 검토 한다.

### 2)발생원

Surge 발생의 75~95%는 내부에서 발생하므로 Motor, Compressors, Inverter, Pump, Welder 등 Surge가 발생하는 설비 유무를 검토한다.

## 1.3 Diagram 작성

앞의 1.2 사항을 참조하여, 전원의 사양(인가 정격 전압 및 결선방식(WYE/DELTA)), 위치 등에 관한 Power & Signal Line Diagram를 작성한다.

## 1.4 서지방지기 선정

보호할 시스템의 종류, 환경, 용량 등을 종합적으로 검토하여 선정한다.

<\*> 7.서지방지기 참조

## 2 발생 원인별 대책

### 2.1 직격뢰

직격뢰로부터 인명과 장비를 보호하기 위해서는 1차적으로 피뢰침을 설치하여 강력한 직격뢰를 유도되 또는 간접뢰의 형태로 바꾸어 주어 막강한 에너지를 분산 시키는 것이 필요하다.

### 2.2 간접뢰

- 전원선로 및 신호선로에 고용량 서지방지기를 설치한다.

### 2.3 유도뢰

- 피뢰침으로 부터 유도된 surge가 전원선, 통신선, 접지선으로 유도 되어 유입되 것을 줄이기 위해서는 피뢰침을 건물로 부터 멀리 떼어 놓는 것도 한가지 방법이다. 그러나 이 방법으로 건물을 보호하기 위해서는 건

물에 직접 설치하는 것 보다 월등이 많은 비용이 든다는 단점이 있어 현실적으로 어려워 특수한 경우나나 적용해 볼 수 있다.

- 벼락의 접근을 탐지하여 전원을 비상용 전원(전력소비량이 클때는 발전기, 전력소비량이 적을 때는 배터리와 인버터(CVCF))으로 전환하므로 전원선으로 유도되는 서지를 사전에 차단한다. 그러나, 이것은 접지로 들어오는 서지를 막지 못한다는 한계가 있다.

- 비용이 저렴하게 들면서도 비교적 안전하게 보호하는 방법은 전원부에 고용량 서지방지기를 설치하는 것이다.

## 3.전이 과정별 대책

### 3.1 전도성 Surge

사용기기의 앞에 소형 서지방지기를 설치한다.

### 3.2 유도성 Surge

저압의 전원이나 통신선에서 가장 문제가 되고 있다. 저압의 전원선이나 통신선이 고압의 전원선과 교차하거나 근접하여 지나갈 때는 고압전원선의 기동서지나 개폐서지가 유도되어 저압에서 작동하는 전자기기나 통신에 큰 피해를 입힌다.

유도서지를 막으려면 외부 인입선은 가급적 shield cable을 사용하고, 전원선과는 격리시켜야 하며, 기기의 앞에는 소형 서지방지기를 설치한다.

### 3.3 전파성 Surge

가장 막기 어려운 것이 바로 전파서지다. 이것을 근본적으로 막기 위해서는 전자차폐를 해야 하는데 이를 위해서는 많은 비용이 든다. 다음의 방법으로는 인입선을 필히 shield cable을 사용하고,기기의 앞에는 소형 서지방지기를 설치하여 샤시접지를 서지방지기에 맺어준다.

### 3.4 복합성 Surge

가급적 외부 인입선은 shield cable을 사용하

고, 사용 환경에 따라 기기의 앞이나 뒤에 소형 서지방지기를 설치한다.

#### 4. 개폐 및 기동에 의한 Surge

개폐 및 기동 Surge가 많이 발생하는 기기에서 다른 system으로 Surge가 전이되면 많은 기기에 영향을 미치므로 이러한 기기에는 필히 서지방지기를 달아 이를 막아 주어야 한다.

이를 위해서는 전원부나 Switch 후단에 서지방지기를 설치한다.

개폐서지를 제어하기 위하여 서지방지기를 사용할 경우 개폐의 빈도 및 강도를 참작하여 사용 하여야 한다. 사용전압만을 기준으로 적용하였을 경우 문제가 발생할 소지가 있다.

한 예로 공항의 활주로 점멸등 제어기에 사용 전압이 110V 인자라 110V용 소용량 서지방지기를 사용 했다가 문제가 생겨 문의가 들어온 적이 있었다. 이 경우 초당 2회의 점멸이 지속적으로 이루어지므로 1회성 낙뢰와는 전혀 다른 각도에서 접근 하여야 한다. 부착 위치, 동작개시전압, 용량 등 모든 요소들이 일반 낙뢰를 대비한 서지방지기와는 다르게 적용되어야 한다는 것이다.

마찬가지 이유로 자동화시스템에서도 지속적으로 개폐가 발생할 경우 개폐서지를 제어하기 위해서는 이러한 요소들이 고려 되어야 한다.

#### 5. 통신선 및 신호선 서지 대책

전원선과 달리 통신용은 저전류, 고속으로 작동 하므로 전원과는 달리 서지에 대단히 많은 피해를 보고 있다. 실제로 전원서지에 의한 피해 보다 훨씬 많은 피해를 보고 있는 것이 바로 통신선의 서지 피해다.

통신선은 서지에 대단히 예민한 반응을 하므로 상당히 주의를 하여야 한다. 이들의 대책으로는 다음의 몇 가지를 고려해 볼 수 있다.

- TV antenna 등은 가급적 높게 세우지 않는 것이 좋다.
- 통신선이나 제어선에는 광파이버를 사용한다.

- 통신을 무선으로 한다. 이것은 여러가지 제한을 받으므로 유선의 보조 기능으로 사용하는 것이 바람직 하다.
- 통신선에 surge 방지기를 단다.  
(통신 및 신호용 서지방지기 참조)

#### 6. 종합적인 서지 대책

서지의 유입은 전원이나 통신 등을 분리하여 대책을 세우는 것도 중요하지만 마지막으로 이들을 종합적으로 분석하는 것도 빼놓을 수 없는 과정이다. 전기배선, 통신선, 안테나, 접지 등을 종합적으로 분석하여 하나의 네트워크로 보아 대책을 세워야 한다는 것이다.

서지 대책

대책	침입 경로에 대한 유효 정도 (○ △ ×)					코스트 대중소	비고
	안테나 파괴점	전력선	통신선	접지 전차파	직접 전차파		
1 고압피뢰침을 사용하여 배락을 다른 곳으로 보낸다	○	△	△	○	△	대	장소가 필요
2 TV의 안테나를 높게 세우지 않는다. 케이블 TV로 한다.	○	×	×	×	×	대~중	의차적으론 무리
3 통신선, 제어선에 광파이버를 사용	×	×	○	×	×	중	
4 통신선에 절연트랜스 사용	×	×	△	×	×	소	신호에 대한 영향을 고려
5 통신선에 서지방지기 부착	×	×	○	△	×	소	신호에 대한 영향을 고려
6 통신용 무선화	×	×	○	×	×	대	
7 전력선에 절연트랜스 사용	×	△	×	×	×	중	
8 전력선에 서지방지기 부착	×	○	×	×	×	소	
9 벵락의 접근을 방지하여 전원용 비상용 전선 (전력소비량이 클때 발전기, 전력소비량이 작을 때 : 배터리와 인버터(CVCF)로 전환)	×	○	×	×	×	대	이격거리를 크게 한다.
10 가옥의 접지저항을 저감하고 전위 상승을 억제	△	×	×	○	×	대~중	
11 전기기구(통신장치)에 서지방지 사용	×	×	○	×	×	중	
12 전기기구(통신장치)에 전차차폐	×	×	×	×	○	중~소	
13 가옥용 전차차폐로 싸고 실드용 처럼 한다	×	×	×	△	○	대	
14 전기기구(통신장치)의 절연값을 높임	×	△	△	△	×	중	
15 전기기구에서 플레시오버가 생겨도 AC 속류대책을 하여 피해를 억제	×	○~△	△	×	△	소	

<>일본 (財)電力中央研究所 横山 茂

다음호에 계속됩니다