

서지의 발생에서 방지까지 ⑤

비사달기전(주) 이사 허 광 무



목 차

제1장 Surge의 발생

제2장 번개의 발생과 벼락

제3장 피뢰침과 접지

제4장 Surge Protection에 사용되는 보호소자

제5장 Surge로부터 보호대책

제6장 Surge 방지기

1. 서지 방지기의 기본
2. 서지 방지기의 종류
3. 서지 방지기의 선정과 설치
4. 서지 방지기와 혼동하기 쉬운 System

부 록

규격

제 6 장 서지방지기 (TVSS (Transient Voltage Surge Suppressors))

1 서지방지기의 기본

1.1 기본원리

서지를 제어하기 위해서는 3가지 정도를 고려해 볼 수 있다.

첫째는 서지를 흡수하는 것이다. 이 방식은 엄청난 양의 서지를 축적할 수 있는 방법은 아직 현재 과학으로 불가능하다.

둘째는 서지를 해소 시키는 것이다. 그러나 극히 짧은 순간에 높고 강한 서지를 열이나빛으로 변환하는 것도 어렵거니와 그로 인한 주변의 피해 또한 서지를 그냥 두었을때에비하여 적다고 할 수 없을 것이다.

셋째는 서지가 전원선으로 들어올 때는 서지를 접지선으로 흘려 주고, 서지가 접지로 유입될 때는 반대로 전원선의 전압을 보상 해줘서 억제전압 이하로 유지 시키는 방법으로 모든 서지방지기 회사의 전 제품은 이 방식을 사용하고 있다.

일부 서지방지기 업체에서 서지를 흡수한다고 말하는 것은 서지에 관하여 무지한 탓이다. 만일에 서지를 흡수할 수 있는 방식을 개발한다면 이 세상에 발전소는 필요가 없어진다. 벼락에서 발생하는 서지만 흡수할 수 있다면 지구상의 모든 에너지원으로 사용하고도 남을 만큼 엄



칭난 양이기 때문이다.

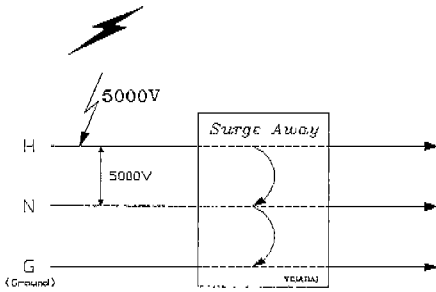


그림1 단상 220V 전원선의 Hot Line으로 5000V의 서지가 유입된 경우

전원선의 hot line으로 서지가 유입되어 서지 방지기의 동작개시 전압 이상이 되면 서지방지기는 유입된 서지를 중성선과 접지선으로 분기 시킴으로서 전원선의 전압을 서지역제 전압 이하로 안정시켜 출력한다.

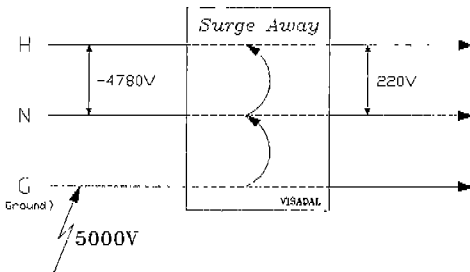


그림2 단상 220V 전원선의 접지선으로 5000V의 서지가 유입된 경우

인근의 낙뢰로 인하여 대지전압이 상승하여 접지선으로 서지가 유입되어 전원선과 접지선 간의 전압이 서지방지기의 동작개시 전압 이상이 되면 서지방지기는 접지선으로 유입된 서지를 hot line과 neutral line으로 분기 시킴으로서 전원선에 전압을 보상하여 전원선의 전압을 서지역제 전압 이하로 안정시켜 출력 시킨다.

요컨대 서지방지기는 서지의 절대전압을 낮추는 것이 아니라, 상대전압을 낮추는 것이므로 설치에 유의 하여야 한다.

1.2 저압 서지방지기가 갖추어야 할 기능

- 일반 회로전압에는 동작하지 않고 뇌 과전

압에만 동작한다.

- 뇌 과전압을 충분히 낮은 제한전압으로 억제하고 절연협조를 얻을 수 있을 것.
- 뇌 과전압을 처리한 후에는 신속히 AC의 속류를 자체의 특성에 의해 차단하고 다음 뇌 과전압 침입에 대비하는 특성을 가질 것.

2 서지방지기의 종류

2.1 서지의 방지 방법에 의한 분류

1) 방전형 서지방지기

1.1) 동작 원리

방전개시전압 이하에서는 개방 상태에 있다가 방전개시전압을 초과하는 서지가 유입되면 순간적으로 도통상태가 되어 전류가 서지방지기로 흘러 전압이 강하되며, 서지가 제거되면 다시 원래의 개방상태로 돌아간다.

1.2) 소자의 구성

방전소자인 Gas Tube, Air Gap 등이 사용된다.

1.3) 특성

방전형 서지방지기는 일반적으로 방전개시전압이 사용전압에 비해 훨씬 높아 정밀장비 보호용에는 거의 사용 되지 않고 낙뢰용과 같은 전원계통 보호용으로 주로 사용된다.

방전형 서지방지기의 특징은 동작속도가 느리다, 서지용량은 매우 크다.

2) 억제형 서지방지기

1.1) 동작 원리

전압이 동작전압(Operating Voltage, 사용전압 보다 15~25% 정도 높은 전압) 이하일 때는 매우 높은 impedance를 갖고 있다가, 동작전압을 초과하는 Surge에 대해서는 매우 낮은 impedance를 갖는다. 선로 impedance와 서지방지기 impedance의 상관 관계에 의해

Surge가 억제된다.

억제형은 방전형과 달리 전압을 특정 level 까지만 제한 하는 것으로 제한 전압을 Clamping Voltage 또는 Suppressor Voltage라고 부르며 선로 impedance와 서지방지기 impedance의 상관 관계에 의해 Clamping Voltage가 결정된다.

1.2) 소자의 구성

전압억제형 서지방지기에는 비선형 전압 전류 특성을 갖고 있는 MOV, 반도체, Diode 등의 소자들이 사용된다.

1.3) 특성

전압억제형 서지방지기는 반응 속도가 빠르고, 서지 흡수 능력도 우수해 정밀장비 보호용으로 적합하며, 일반적으로 가장 많이 사용되고 있다. 특히 50kA 이상의 서지방지기에는 거의 이 방식을 사용하고 있다.

3) 조합형 서지방지기

방전형과 억제형을 조합하여 사용하는 방식으로 빠른 반응속도의 억제형과 용량이 큰 방전형을 조합하여 작은 부피로 빠르고 큰 서지를 제어할 수 있어 직렬형의 서지방지기에는 대부분 이 방식을 사용한다.

2.2 설치 방법에 분류

1) 직렬형 서지방지기

High impedance를 가지며, Noise Filtering 기능 갖고 있으며, 비선형 부하에서 발생하는 Harmonic(비정현파) 전류가 System이나 기기로 흐르는 것을 방지 한다.

주로 소용량에 안정된 전원을 요하는 System이나 기기에 사용한다.

2) 병렬형 서지방지기

Low impedance를 갖으며 Main-Panel, Sub-Panel 등의 대용량 전원에 사용한다

2.3 사용 소자에 의한 분류

1) 갭식 서지방지기

일정한 전압에서 공극간 기체(공기 또는 불활성 가스)가 전리되어 불꽃 방전을 발생하는 현상을 이용한 것으로 다음과 같은 장단점이 있다.

1.1) 장점

- 불꽃 방전후의 제한전압이 아크 전압으로만 되고 극히 낮은 전압이 된다.
- 정전용량이 작고 고주파 회로에서의 삽입손실이 적어 통신선에서의 적용성이 크다.
- 큰 서지 전류 내량을 갖는다.

1.2) 단점

- 방전응답 속도가 늦고 방전개시 전압의 편차가 크다.
- 방전개시 전압이 주위 환경의 영향을 받기 쉽다.
- 속류(續流)가 발생할 우려가 있다.

2) 반도체식 서지방지기

반도체의 접합 장벽 또는 세라믹 입자경계에서 어느 일정한 전압에서 전자 애벌란시 현상 등이 발생하는 것을 이용한 것이다.

반도체식의 공통적인 특징은 갭식과 같은 불꽃방전 지연이 없고 또 속류 문제가 없어 반도체를 사용한 전자회로의 서지 전압대책에는 적합하다.

그러나 반도체식 중에도 여러 종류의 것이 있으며 제한 전압 특성, 지연전류 특성, 서지전류 특성, 형상 등이 각각 상이하기 때문에 적용시에는 사전 검토가 필요하다. 이 종류의 대표적인 소자로는 배리스터와 제너 다이오드를 들 수 있다. 특히 근년에는 ZnO 배리스터의 적용이 확대되고 있다.

3) 필터식 서지방지기

이 서지 흡수기의 대표격은 CR 스너버이다. 이것은 서지 전류를 저항을 통해서 콘덴서에 충전시키고 저항에서 서지 에너지를 소비시키는 동시에 콘덴서에서 서지 전압을 억제하는 것이다.



3 서지방지기의 선정과 설치

3.1 서지방지기선정의 검토 사항

1) 용도

- 전원용: AC인지 DC인지 확인 → AC인 경우 단상, 3상 확인 → 인가전압 → 부하전류 → DC인 경우 → 인가전압 → 부하전류
- 통신용: 통신기기의 종류 → 사용 전압 → 연결단자를 확인

2) 서지내량(Surge Current Capacity)

- 설치 장소의 환경과 전류량에 따라 Protector의 용량을 결정한다. 용량을 결정 하는데는 먼저 환경, 즉 자연 발생적인 낙뢰의 위험성, 기동 및 개폐 Surge의 크기와 빈도등을 고려하고, 그 다음으로 사용 전류의 양을 고려하여 2가지 요인 중 큰쪽의 용량을 사용해야 한다.
- 환경적 요인에 의한 서지내량 (Mode 당) 예를 들어 레이더기지, 통신중계기지 등은 실제 사용전류는 얼마되지 않지만 주변에서 가장 높은 산위에 철구조물로 되어 있기 때문에 서지내량이 큰 제품으로 2~3단계의 보호장치를 하여야 한다. 때문에 전원용의 경우 1차에 사용하는 서지방지기 내량은 최소 80kA 이상으로 하는 것이 좋다.

위험도	환경	용량
특고	낙뢰의 위험이 매우 큰 산악, 해변, 평야 등	260kA이상
고	낙뢰의 위험이 큰 산악, 해변, 평야 등	160kA이상
중	낙뢰의 위험이 크지 않은 곳	80kA이상
저	낙뢰의 위험이 극히 적은 곳	80kA이상

- 부하 전류에 의한 서지내량 (Mode당) 부하전류가 커지면 서지방지기의 내량도 같이 커져야 한다. 병렬형을 사용할 경우 서지방지기에 직접 전류가 흐르지 않기 때문에, 혹은 낙뢰의 크기가 크지 않기 때문에 전류의 크기와 비례할 필요가 없지 않느냐는 의문을 갖는 경우

가 있다.

그러나, 예를 들어 100mm²의 부스바에 흐르는 모든 서지를 5mm²의 전선으로 모두 빼낼 수는 없지 않은가? 따라서 전류가 커지면 부스바도 커지게 되고, 서지방지기의 내부 처리용량도 그에 따라 커져야 하는 것이다.

전류에 의한 서지내량의 결정은 부하전류 1A 당 서지내량 1kA를 기준으로 환경에 따라 가감하면 된다.

- 수전반 전류가 100kVA가 넘을 경우는 배전반으로 분산 설치하는 것이 비용대 효율 면에서 유리하다.
- 대부분의 Protector는 Surge Current Capacity/Mode를 단위로 표기 하지만 일부 업체의 경우 Peak Surge Current(Total Surge Current Capacity)를 사용하고 있는데 이는 각 Mode당 용량을 Phase로 곱한 수치를 단위로 사용한 것이므로 주의를 요한다.

3) 억제전압

(Clamping Voltage or Let Through Voltage, Suppressed Voltage Rating)

Surge protector를 선택함에 있어서 중요한 사항으로 Clamping Voltage는 낮을수록 좋다. 그러나, 이러한 상식을 역이용하여 무리하게 Clamping Voltage를 낮출 경우 보호소자에 과다한 부하를 가하여 열화가 급격히 이루어져 수명을 단축 시키므로 주의를 요한다.

Clamping Voltage를 낮추기 위해서는 High Clamping Voltage와 Low Clamping Voltage를 조합하여 단계적으로 낮추는 것이 바람직 하다.

4) 보호수명(Perpetual life Protection)

Protector의 수명은 설계 방법 및 Clamping Voltage와 밀접한 관련이 있다.

3.2 전원용 서지방지기

전원이 서지의 피해를 입는 것은 저압(600V 이하)에서 주로 일어난다. 고압전송로의 경우는 직격뢰로 인한 피해가 주종을 이루고 있지만 저압의

경우는 직격 뿐만이 아니라 간접, 유도, 접지 등 다양한 경로를 통하여 피해를 입히기 때문이다.

낙뢰의 위험성이 높은 지역은 전원 계통의 서지방지기를 주전원, 판넬, 장비로 구분하여 3단으로 설치하여 단계적으로 보호 협조를 이루어야 한다.

서지방지기는 기본적으로 다음의 조건을 구비하고 있어야 한다

- 일반 회로전압에는 동작하지 않고 뇌서지를 비롯한 개폐서지 등 각종 서지에서만 동작해야 한다.
- 서지를 충분히 낮은 제한전압으로 억제하고 절연협조를 얻을 수 있어야 한다.
- 서지를 처리한 다음에는 신속히 AC의 속류를 자체의 특성에 의해 차단 하고 다음 서지에 대비하여야 한다.

(*>ANSI/IEEE Cat. C1 · C2 · C3,UL1449

정격전압 (L-N)	Clamping Voltage level		
	CAT.C1	CAT.C2	CAT.C3
120Vac	< 400Vpk	< 550Vpk	< 700Vpk
240Vac	< 800Vpk	< 1000Vpk	< 1100Vpk
440Vac	< 1500Vpk	< 2000Vpk	< 2000Vpk
600Vac	-	< 2000Vpk	< 2000Vpk

1) 주전원용 서지방지기

주전원용 서지방지기는 외부로 부터 침투하는 전원선로의 Surge로 부터 기기를 보호할 목적으로 설치 하며 사용 전압과, 유입 되는 Surge의 크기 등을 고려하여 병렬형 서지방지기를 주 배전반에 설치 해야 한다.

(*>ANSI/IEEE Cat. C1 · C3

2) 분전반 및 전원장치 보호용 서지방지기

전원 분전반 또는 UPS,AVR 등과 같은 전원 공급장치에 병렬형의 서지방지기를 설치해야 한다.

(*>ANSI/IEEE Cat. C1 · C2

3) 기기 보호용 서지방지기

SCADA · DCS · RCS · RTU · PLC 등의 정밀 제어 장비나, 유량계 · 수위계 · 온도계와 같

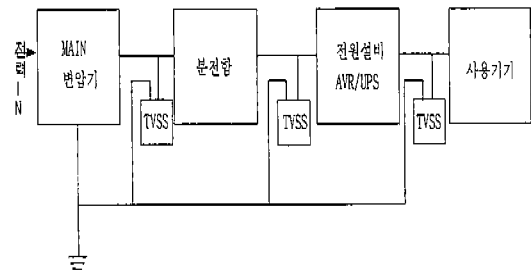
은 계기는 Surge에 매우 예민하여 쉽게 손상 되므로 이들 기기를 Surge로 부터 보호 하기 위해서는 기기의 전원 입력단에 설치하며, 신호 보호용 서지방지기과 조합되어 system을 보호해야 한다.

이때 전원용 및 신호용 서지방지기의 접지는 동일 접지를 사용하여 전원과 신호 접지간에 접지 전위차가 발생되지 않도록 설치해야 한다.

특히 정밀 제어장비 보호용 서지방지기는 Surge뿐만 아니라 Noise도 함께 제거할 수 있는 직렬형 Power Conditioner 서지방지기를 사용해야 한다.

(*>ANSI/IEEE Cat. C1

4) 전원용 서지방지기 설치



4.1) 전압 확인

설치전에 실제 사용전압과 서지방지기의 전압 규격을 확인한다.

일반 강압트랜스를 사용하는 경우 중성선과 접지선 사이에 강압되기 이전 전압이 뜨는 경우가 있다. 이것은 Hot과 Neutral이 바뀌면 생길 수 있으며 이것을 바로 잡으면 해소 될 수도 있다.

4.2) 접속 형태별 설치

4.2.1) 직렬

- 전원용의 경우는 허용 전류를 확인 하여야 한다. 용량 이상의 전류를 사용할 때는 과전류로 인한 문제가 발생한다.
- 직렬접속의 경우 보호 대상 장비에 최대한 가까이 설치한다.
- 접속이 완전하게 이루어졌는지 꼭 확인한다.



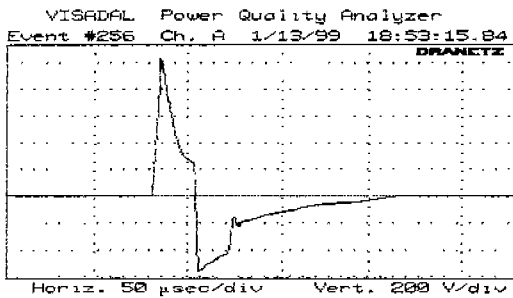
4.2.2) 병렬

선의 길이는 짧으면 짧을수록 좋다. 길이가 길어지면 그 만큼 반응속도가 느려지고, 그로 인하여 최고통과전압(Maximum, Clamping Voltage)이 높아진다. 선의 길이는 60cm를 넘지 않는 것이 좋다.

다음의 예에서 보듯 같은 제품(SM-22P-260K2, 220V용, 비사달기전 제품)를 같은 조건(1.2x50 μ s waveform)으로 6000V의 서지를 인가 하였을 때 최고통과전압은 선의 길이가 20cm인 때는 638V, 선의 길이가 2m인 때는 1128V로 현격한 차이가 난다.

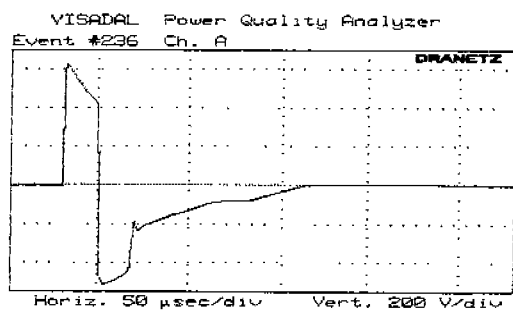
그 까닭은 전원선으로 유입된 서지를 서지방지기가 까지 유도하여 처리 한 다음 되돌아 오는 데 시간이 걸리기 때문이다.

(예1) 선의 길이가 10cm일 때



(최고통과 전압 : 1, 128V)

(예2) 선의 길이가 20cm일 때



(최고통과 전압 : 1, 128V)

3.3 신호 및 통신용 서지방지기가

저압 배전선에 의해 전원이 공급되는 통신기는 통신선과 전원선 쌍방이 기기에 연결되어

한 쪽에 뇌서지가 들어오면 다른 쪽측과 큰 전위차가 생기므로 이점에 특히 주의를 해야 한다.

신호 및 통신용 서지방지기를 선정할 때는 반드시 다음의 몇 가지를 고려 하여야 한다.

- 통신선에서 사용하는 전압에 알맞아야 한다.
- 통신 속도에 알맞아야 한다. 서지방지기가 잘못 설치되면 접지선을 통하여 noise가 통신선으로 유입되고, 속도를 저하시켜 답답한 통신을 하게 되거나 data error가 일어난다.

1) 통신용 서지방지기

교환대에는 1차 보호용 서지방지기, Modem · Fax 등의 기기를 보호하기 위해서는 2차 보호용 서지방지기를 사용하여야 한다.

통신용 서지방지기는 전원용 서지방지기와 조합하여 사용하여야 하며, 두 서지방지기는 공통 접지를 사용하는 것이 좋다.

특히 통신용 서지방지기의 선정에 특히 유의하여야 할 것은 서지방지기의 capacitance가 얼마인지 유의하여야 한다. C값은 노이즈의 유입과 통신속도의 지연을 초래한다.

2) 신호용 서지방지기

신호용 서지방지기는 신호선의 양단에 설치되어야 하며, 일반적으로 전원용과 조합하여 보호해야 한다.

신호용 중에서 특히 24V 미만의 서지방지기는 제품의 선택에 신중을 기하여야 한다. 간혹 시판되는 제품 중에 저압용에 110V에 사용되는 소자를 사용하는 제품이 있기 때문이다.

2.1) Analogue 신호용 서지방지기

Analogue 신호는 24Vdc, 1~10Vdc 4~20mA 등이 있다.

2.2) Digital 신호용 서지방지기

디지털 신호는 점접방식, pulse형 신호 등이 있으며, 대부분이 고속 통신을 하게 되므로 서지방지기에 의해 신호의 감쇄가 발생되지 않고 고속 통신에 적합한 서지방지기가 설치되어야 한다.

다음쪽에 계속됩니다