

Surge Protection ②



글 / 허 광 무

수년전까지만 해도 국내에서는 서지에 관한 관심이 거의 없었다. 그러므로 국내의 경우도 수출만을 전념하고 내수쪽은 관심을 갖지 않았었다. 그러나 근래 국내의 서지에 관한 관심이 고조되고 있으며, 대부분이 필요성을 느끼기 시작하고 있다. 하지만 서지에 관한 관련서적이 거의 없는 관계로 서지에 관한 연구나, 실무에 도움이 될만한 자료가 없는 실정이다. 이에 그 동안 제품개발 및 실수요 현장을 방문하며 실무자들이 필요하다고 느끼는 점들을 지면이 허락하는 범위내에서 기술하고자 한다.

7. 서지로부터 보호대책

7.1 단계별 검토 사항

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

표 1에 검토시 참조할 단계를 예시한다.

7.2 발생 원인별 대책

7.2.1 자연 현상에 의한 서지

1) 직격뢰

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

2) 간접뢰

전원선로 및 신호선로에 고용량 서지 프로텍터를 설치한다.

3) 유도뢰

전원부에 고용량 서지 프로텍터(TVSS)를 설치한다.

7.2.2 개폐 및 기동에 의한 서지

1) 개폐 서지

전원부나 스위치 후단에 서지 프로텍터를 설치한다.

2) 기동 서지

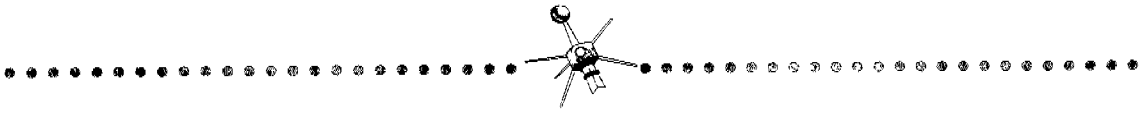
기동기나 부품의 후단에 소형 서지 프로텍터를 설치한다.

7.3 전이 과정별 대책

7.3.1 전도성 서지

사용기기의 앞에 소형 서지 프로텍터를 설치한다.

7.3.2 유도성 서지



<표 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.
2. 서지의 크기와 발생원
1)크 기 : 낙뢰의 가능성, 내부적으로는 발생하는 서지의 크기 등을 검토한다. 2)발생원:서지 발생의 75~95%는 내부에서 발생하므로 모터, 컴프레서, 인버터, 펌프, 웬더(Welder) 등 서지가 발생하는 설비 유무를 검토한다.
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.
4. 서지 프로텍터 선정
보호하고자 하는 것의 종류, 환경, 용량 등을 종합적으로 검토하여 선정한다. * 8. 서지 프로텍터 참조
5. 설 치
위치와 선을 확인하여 서지 프로텍터를 설치한다. 1)1차보호:주 변압기의 2차측 주(main) 관널에 주(main)서지보호장치를 설치하여 외부로부터 침투하는 서지를 1단계 억제한다. 2)2차보호:각 건물의 분전반 또는 UPS, AVR 입력단에 서지 프로텍터를 설치하여 주(main)서지 프로텍터를 통과한 잔여 서지 및 내부 발생 서지를 억제한다. 3)3차보호 : 정밀 제어 장비의 전원 입력단에 서지 및 노이즈를 제거할 수 있는 파워 컨디셔너 서지 프로텍터를 직렬로 설치하여야 한다. 4)통신· 신호보호 : 선로의 양단에 서지 프로텍터를 설치하며, 접지는 전원선과 공통접지를 사용해야 한다. 5)접지보호 : 전원은 필히 접지가 이루어져야 하며, 2개 이상의 접지가 1개의 기기에 접지되는 경우는 반드시 병렬 접지를 시켜야 한다. * 주의사항 - 설치 전에 실제 사용 전압과 서지 프로텍터의 전압 규격을 확인한다. - 병렬 접속형의 경우 케이블의 길이는 최소한으로 하여야 한다. 길이가 길어지면 그만큼 반응 속도가 느려진다. (40~60cm 이내) - 직렬접속의 경우 보호 대상 장비에 최대한 가까이 설치하고, 접지선의 길이를 최소화 한다. (전원 : 60cm 이내, 통신 : 30cm 이내)

가급적 외부 인입선은 shield 케이블을 사용하고, 전원선과는 격리 시켜야 하며, 기기의 앞에는 소형 서지 프로텍터를 설치한다.

7.3.3 전파성 서지

인입선은 필히 shield 케이블을 사용하고, 기기의 앞에는 소형 서지 프로텍터를 설치한다.

7.3.4 복합성 서지

가급적 외부 인입선은 shield 케이블을 사용하고, 사용 환경에 따라 기기의 앞이나 뒤에 소형 서지 프로텍터를 설치한다.

8. 서지 프로텍터

(TVSS(Transient Voltage Surge Suppressors))

8.1 서지 프로텍터의 종류

8.1.1 프로텍션 방법에 의한 분류

1) 방전형 서지 프로텍터

1.1) 동작 원리

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

1.2) 소자의 구성

<표 2>

<p>1. 용도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전원용 : AC인지 DC인지 확인하여, AC인 경우 단상, 3상을 확인하고, ground 상태를 확인한다. - 통신용 : Communication 시스템의 종류와 사용 전압을 확인한다.
<p>2. 서지 Current Capacity (용량)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 설치 장소의 환경과 전류량에 따라 프로텍터의 용량을 결정한다. 용량을 결정하는데는 먼저 환경, 즉 자연 발생적인 낙뢰의 위험성, 기동 및 개폐 서지의 크기와 빈도 등을 고려하고, 그 다음으로 사용 전류의 양을 고려해야 한다. - 대부분의 프로텍터는 서지 Current Capacity /Phase를 단위로 표기 하지만 일부 업체의 경우 Peak 서지 Current(Total 서지 Current Capacity)를 사용하고 있는데 이는 각 Phase당 용량을 Phase로 곱한 수치를 단위로 사용한 것이므로 주의를 요한다.
<p>3. Clamping Voltage (or Let Through Voltage, Suppressed Voltage Rating)</p> <p>서지 프로텍터를 선택함에 있어서 중요한 사항으로 Clamping Voltage는 낮을 수록 좋다. 그러나, 이러한 상식을 역이용하여 무리하게 Clamping Voltage를 낮출 경우 보호소자에 과다한 부하를 가하여 열화가 급격히 이루어져 수명을 단축 시키므로 주의를 요한다.</p> <p>Clamping Voltage를 낮추기 위해서는 High Clamping Voltage와 Low Clamping Voltage를 조합하여 단계적으로 낮추는 것이 바람직 하다.</p>
<p>4. Perpetual life Protection (보호수명)</p> <p>프로텍터 Life는 설계 방법 및 Clamping Voltage와 밀접한 관련이 있다.</p>

방전소자인 Gas Tube, Air Gap 등이 사용된다.

1.3) 특성

방전형 서지 프로텍터는 일반적으로 방전개시전압이 사용전압에 비해 훨씬 높아 정밀장비 보호용에는 거의 사용되지 않고 낙뢰용과 같은 전원계통 보호용으로 주로 사용된다.

방전형 서지 프로텍터의 특징은 동작 속도가 느리나, 서지 용량은 매우 크다.

2) 억제형 서지 프로텍터

1.1) 동작 원리

전압이 동작전압(Operating Voltage, 사용전압 보다 15~25% 정도 높은 전압) 이하일 때는 매우 높은 임피던스를 갖고 있다가, 동작전압을 초과하는 서지에 대해서는 매우 낮은 임피던스를 갖는다. 선로 임피던스와 서지 프로텍터 임피던스의 상관 관계에 의해 서지가 억제된다.

억제형은 방전형과 달리 전압을 특정 level 까지만 제한 하는 것으로 제한 전압을 Clamping Voltage 또는 Suppressor Voltage라고 부르며 선로 임피던스와 서지 프로텍터 임피던스의 상관 관계에 의해

Clamping Voltage가 결정된다.

1.2) 소자의 구성

전압억제형 서지 프로텍터에는 비선형 전압 전류 특성을 갖고 있는 MOV, 반도체, 다이오드 등의 소자들이 사용된다.

1.3) 특성

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

2) 조합형 서지 프로텍터

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

8.1.2 설치 방법에 의한 분류



<표 3>

정 격 전 압	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) Serial Type (직렬형) 서지 프로텍터

High 임피던스를 가지며, Noise Filtering 기능을 갖고 있으며, 비선형 부하에서 발생하는 Harmonic (비정현파) 전류가 시스템이나 기기로 흐르는 것을 방지한다.

주로 소용량에 안정된 전원을 요하는 시스템이나 기기에 사용한다.

2) Parallel Type (병렬형) 서지 프로텍터

Low 임피던스를 가지며 Main - Panel, Sub - Panel 등의 대용량 전원에 사용한다.

8. 2 서지 프로텍터의 선정과 설치

8.2.1 서지 프로텍터 선정의 검토 사항(표 2)

8.2.2 전원용 서지 프로텍터

낙뢰의 위험성이 높은 지역은 전원 계통의 서지 프로텍터를 주전원, 판넬, 장비로 구분하여 3단으로 설치하여 단계적으로 보호 협조를 이루어야 한다 (표 3). <*>ANSI/IEEE Cat. C1 · C2 · C3, UL 1449

1) 주 전원용 서지 프로텍터

주 전원용 서지 프로텍터는 외부로부터 침투하는 전원선로의 서지로부터 기기를 보호할 목적으로 설치하며 사용 전압, 유입되는 서지의 크기 등을 고려하여 Parallel Type의 서지 프로텍터를 주 배전반에 설치 해야 한다. <*>ANSI/IEEE Cat. C1 · C3

2) 분전반 · 전원장치 보호용 서지 프로텍터

분전반용 서지 프로텍터는 전원 분전반 또는 UPS, AVR 등과 같은 전원 공급장치에 Parallel Type의 서지 프로텍터를 설치해야 한다. <*>

ANSI/IEEE Cat. C1 · C2

3) 기기 보호용 서지 프로텍터

SCADA · DCS · RCS · RTU · PLC 등의 정밀 제어 장비나, 유량계 · 수위계 · 온도계와 같은 계기는 서지에 매우 예민하여 쉽게 손상되므로 이들 기기를 서지로부터 보호하기 위해서는 기기의 전원 입력단에 설치하며, 신호 보호용 서지 프로텍터와 조합되어 시스템을 보호해야 한다.

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

특히 정밀 제어장비 보호용 서지 프로텍터는 서지뿐만 아니라 Noise도 동시에 제거할 수 있는 Serial Type의 Power Conditioner 서지 프로텍터를 사용해야 한다. <*>ANSI/IEEE Cat. C1

4) 전원용 서지 프로텍터 설치(그림 1)

8.2.3 신호 및 통신용 서지 프로텍터

1) 통신용 서지 프로텍터

교환대에는 1차 보호용 서지 프로텍터, 모뎀 · 팩스 등의 기기를 보호하기 위해서는 2차 보호용 서지 프로텍터를 사용하여야 한다. 통신용 서지 프로텍터는 전원용 서지 프로텍터와 조합하여 사용하여야 하며, 두 서지 프로텍터는 공통 접지를 사용하여야 한다.

2) 신호용 서지 프로텍터

신호용 서지 프로텍터는 신호 선로의 양단에 설치되어야 하며, 일반적으로 전원용과 조합하여 보호해야 한다.

2.1) 아날로그 신호용 서지 프로텍터

<표 4>

신 호 명	Nominal Opetating Voltage	비 고
RS-232C	$\pm 12\text{Vdc}$	Telephone
RS-422 · RS-485	$+5\text{Vdc}$	
Modern (Leased Line)	$\pm 48\text{Vdc}$	
Transmitter	$1\sim 50\text{Vdc/ac}$	
4~20mA Current Loop	$1\sim 170\text{Vdc/ac}$	
24V I/O Line	$+24\text{Vdc}$	

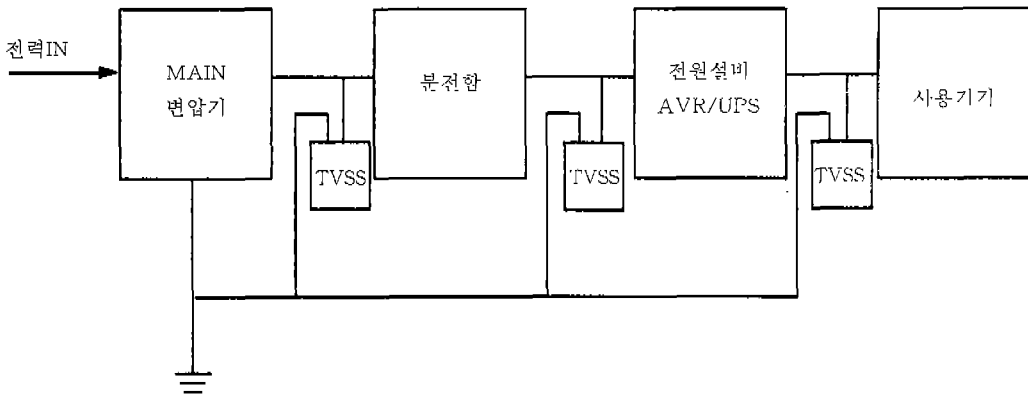
아날로그 신호는 24Vdc, 1~10Vdc 4~20mA 등이 있다.

2.2) 디지털 신호용 서지 프로텍터

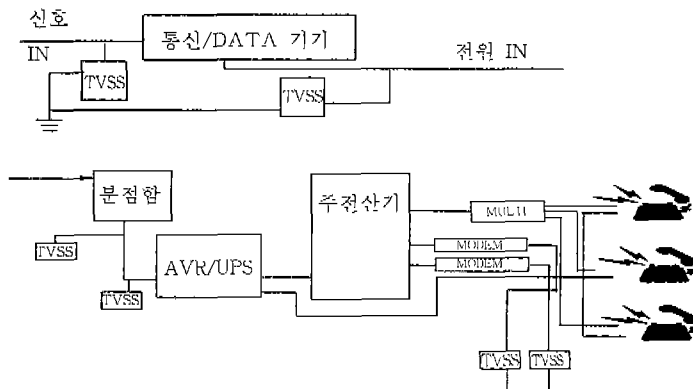
디지털 신호는 접점방식, 펄스형 신호 등이 있

으며, 대부분이 고속 통신을 하게 되므로 서지 프로텍터에 의해 신호의 감쇄가 발생되지 않고 고속 통신에 적합한 서지 프로텍터가 설치되어야 한다 (표 4).

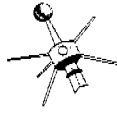
3) 통신 및 신호용 서지 프로텍터 설치(그림 2)



<그림 1>



<그림 2>



8. 3 서지 프로텍터와 혼동하기 쉬운 시스템

8.3.1 피뢰침

피뢰침은 뇌운의 음전하를 우수한 도체를 통하여 지하로 유도하므로 인하여 뇌운 방전과 대지방전으로 인한 낙뢰를 방지하는 것으로 낙뢰로 인한 건축물의 파손과 인명 피해를 방지하기 위한 것이며, 전자기기에 미치는 서지의 피해는 전혀 막을 수 없을 뿐만 아니라 오히려 피해를 가중시키는 측면이 있다. 따라서 낙뢰로 인한 피해는 피뢰침으로 건축물과 인명의 피해를 예방하고 서지 프로텍터로 전자기기를 보호하는 상호 보완적으로 적용하여야 한다.

8.3.2 Ground(접지)

Ground는 구조물이나 인체를 전기적 충격으로부터 보호해 주는 역할을 하며, 전기의 기준 전압을 제공하지만 전자적인 시스템의 보호에는 취약하다.

낙뢰의 경우 지면의 전압이 순간적으로 수 만 V까지 상승하므로 인하여 Ground의 기준으로 잡는 전원의 전압은 상대적으로 수 만 V의 마이너스 전압이 걸리게 되어 시스템을 파손시킨다.

8.3.3 Noise Filter

서지의 High 스피드, high 에너지를 속도에서 따르지 못하며, 용량에서도 감당하지 못한다.

8.3.4 AVR

평상 전원에서는 전원의 안정을 기하나, 서지가 발생했을때 AVR의 반응속도가 서지의 속도를 따라 가지 못하므로 서지가 기기에 피해를 입힌 후에 AVR이 작동하므로 인하여 오히려 정상 전압시 전압을 하강시켜 전압의 변동폭을 확대하는 전원 교란을 초래한다.

8.3.5 복권트랜스

1차측으로 유입된 서지의 상당 부분은 2차측으로 전이되므로 고집적 반도체를 사용한 시스템에는 사용할 수 없다.

8.3.6 배선 · 누전차단기

반응속도가 용량이 클수록 대부분 느려지며, 50A의 경우, 30~40ms로 낙뢰의 기본 파형 8/20 μ s에 비하여 반응속도가 2,000배 이상의 반응시간이 걸리므로 서지에 대하여는 반응을 하지 못한다.

8. 4 서지 관련 주요 용어

- Clamping Voltage(제한전압) : 규정된 8/20 μ s 표준파형의 임펄스 전류를 인가할 때, 서지 프로텍터의 양단간에 걸리는 전압의 최대값으로 서지 프로텍터가 설치된 후단에 걸릴 수 있는 최대전압. <Vpk>
- Let Through Voltage : <=>Clamping Voltage
- Maximum Continuous Operating Voltage(정격전압) : 연속적으로 인가할 수 있는 상용주파수의 정현파 전압 실효값의 최대치, 또는 직선 전압의 최대값으로 보통 상용전압에 약 10% 정도를 더한 값을 사용. <rms>
- Mode : L-L, L-N, L-G 등 선과 선간의 관계. <*>II-134 참조
- Operating Voltage(상용전압) : 통상 사용하는 표준전압
- Peak Current Capacity : (서지 Current Capacity) × (Phase의 수)
- Phase : Line. 각각의 상(相)
- Response Time(응답속도) : 서지의 유입을 감지하여 전압을 제어하기 까지의 시간
- 서지 Current Capacity(서지내량) : 8/20 μ s 표준파형의 임펄스 전류를 1회 인가할 때의 전압의 변화율이 $\pm 10\%$ 이내인 최대전류값으로 서지 프로텍터가 기능을 발휘할 수 있는 용량의 한계를 말하며, 당사는 이 방식으로 표기하고 있음<A>.
- 서지 프로텍터(순간과도전압 억제장치) : 서지와 Transient로 인하여 유입되는 과도 전압을 차단하는 시스템
- Total Current Capacity : (서지 Current Capacity) × (Phase의 수)
- TVSS(순간과도전압 억제장치) : Transient Voltage 서지 Suppressor
<=>서지 프로텍터