

서지 보호장치의 선정 및 설치

글 / 강 인 권
(주)대우엔지니어링/전기기술사

1. 서 언

최근, 건축설비의 인텔리전트(Intelligent)화 및 산업설비의 자동화 추세에 따라 정보, 통신, 신호, 영상 시스템 등에 컴퓨터(Computer), 마이크로프로세서(Micro-processor)를 포함한 반도체 기기의 설치가 급속하게 증가되고 있어 공급전력의 품질이 매우 중요시 되고 있다.

그리고, 이러한 계통 및 장비에는 서지 전압 또는 전류와 같은 전기적 과도현상이 산발적으로 침입하여 전자부품 및 전자장비의 고장 또는 파손, 운용 소프트웨어(Software)의 오동작 등이 빈번하게 야기되어 왔으며 이는 계통 또는 장비의 운용면에서 대단히 중요한 문제가 되고 있다. 따라서, 낙뢰, 개폐서지, 노이즈 등과 같은 과도이상현상 및 서지의 침입으로부터 이러한 장비들을 보호하기 위하여 서지 보호장치가 설치되고 있다.

즉, 전원, 신호, 정보, 통신회로 및 선로에 대한 보호대책으로 과도이상현상 및 서지를 흡수하여 계통 및 장비를 보호하는 서지 보호장치를 선정하여 적절한 위치에 설치하는 것이다.

이에, 본고에서는 서지 보호대책 및 보호기준에 입각하여 실제적인 서지 보호 시스템의 특성, 선정 및 설치에 대하여 기술한다.

2. 서지 보호장치의 특성

2.1 보통급 보호소자

가스충전형 서지 전압 보호장치는 보통급 보호

에 사용된다. 이 장치의 가장 일반적 장치는 약 10[kA]까지의 서지 전류를 방전할 수 있다.

이보다 더 큰 방전전류는 데이터 케이블 등에서는 발생하지 않는데 그 이유는 접속케이블의 단면적이 상대적으로 작고 과도이상전류를 충전시킬 수 있는 용량을 가지고 있지 않기 때문이다. 가스충전형 보호소자는 중간급 [ns]범위의 응답시간을 가진다. 이 소자의 단점은 시간의존점호(Ignition) 동작특성이다(그림 1 참조).

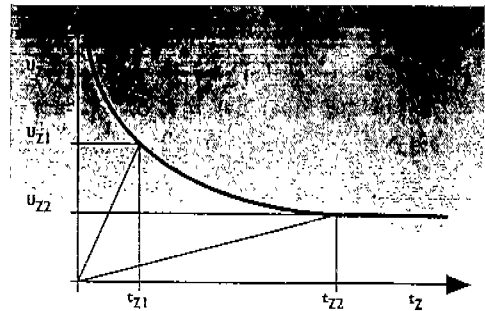


그림 1 가스충전형 보호소자의 점호특성곡선

그리고, 장시간 상승특성(예, du/dt 100[V/s])을 가지는 과도이상현상은 특성곡선이 거의 시간축에 평행하게 진행되는 영역에서 점호특성곡선을 교차한다. 이 때문에, 가스충전형 보호소자에서는 거의 정격전압이 보호레벨로 설정될 수 있다.

그리고, 고에너지의 과도이상전압이 가스충전형 보호소자 정격전압의 10배인 지점에서 점호특성곡



선과 교차한다. 이것은, 가스충전형 보호소자의 가장 낮은 전압을 90[V]로 취하면 잔류전압 900[V]를 의미한다. 선로의 속류가능성은 또 다른 단점이 된다. 만약, 가스충전형 보호소자가 점화되면 특별히 24[V]를 넘는 저임피던스(Impedance)회로는 가스 충전형 보호소자에 의해 단락상태를 유지할 수 있으며 이것은 단지 수[ms]동안만 지속되어야 한다.

이 상태가 지속되면 분수 초 이내에 가스충전형 보호소자의 파열을 초래할 것이다. 이 때문에, 가스 충전형 보호소자를 사용하는 서지전압 보호회로는 회로가 매우 신속히 차단되도록 가스충전형 보호소자의 전단에 안전퓨즈(Fuse)를 장착해야 한다.

2.2 중간급 보호소자

중간급 보호소자는 고에너지 전류가 방전된 후에 더 감소되어야 할 잔류전압의 레벨에서 동작한다. 바리스터(Varistor)는 이 중간급 보호를 수행한다(그림 2 참조).

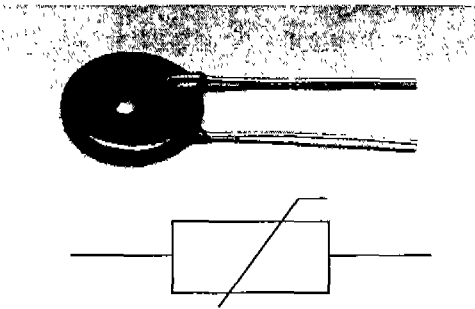


그림 2 바리스터(Varistor) 보호소자

가스충전형 보호소자와 동일한 용량의 바리스터는 동일한 고전류 레벨을 방전할 수가 없다. 이것을 보상하기 위해서 더 신속하게 동작하고 선로속류와 같은 문제를 겪지 않도록 반응시간을 짧은 [ns]범위로 한다.

바리스터는 2.5[kA]에서 5[kA]범위까지의 중간

급 크기의 누설전류에 대한 계측, 제어회로보호에 사용된다. 10[kA] 누설전류를 기준으로 보면 이 바리스터는 가스충전형 보호장치보다 크기가 크게 된다. 바리스터의 단점은 열화 및 상대적으로 높은 커패시턴스(Capacitance)이다. 열화는 바리스터 내부 다이오드(Diode)소자의 동작실패에 기인한다.

보통 p-n접합(Junction)은 과부하 발생시에 단락되고 가압빈도에 따라 누설전류를 흡수하기 시작한다. 이것은, 민감한 측정회로에서 부정확한 측정치를 야기할 수 있으며 특히, 회로의 정격전압이 매우 높으면 상당한 열발생을 야기할 수 있다.

바리스터의 높은 커패시턴스는 고주파를 사용하는 데이터 전송케이블에서의 사용에는 적합하지 못하다. 케이블의 인덕턴스(Inductance)와 함께 이 커패시턴스는 상당한 신호감쇄를 야기하는 저역필터(Low Pass Filter)를 형성한다.

그러나, 개략 30[kHz]이하의 주파수에서는 이 감쇄가 신호전송에 실제적으로 중요한 영향을 미치지 않는다.

2.3 정밀급 보호소자

중간급 보호소자의 사용에도 불구하고 민감한 전자회로의 약한 절연강도는 서지에 대해 보호레벨이 여전히 높다. 이 때문에, 다음 단계인 정밀급 보호가 보호회로에 포함되어야 한다. 극히 빠른 반응동작의 억제형 다이오드(Suppressor Diode)가 정밀급 보호소자로 사용된다(그림 3 참조).

이것은 수[ps] 이내에 반응할 수 있다.

전압제한은 이 보호소자의 또 다른 장점이며 그 기준은 정격전압의 약 1.8배이다. 그러나, 이 다이오드는 제한전류용량 및 상대적으로 높은 커패시턴스를 가진다.

특수 다이오드는 900[A]까지 부담할 수 있지만 5[V] DC 정격전압에 대한 최고방전전류는 약 600[A]가 된다.

그러므로, 상대적으로 보다 높은 정격전압이어야 수십[A]의 전류를 허용할 수 있다.

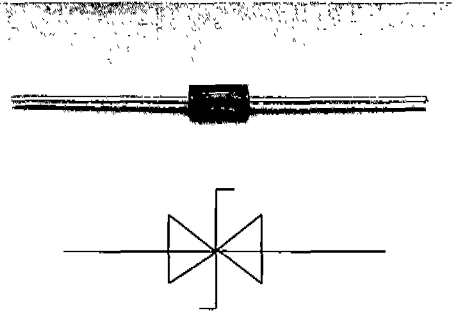


그림 3 억제형 다이오드(Diode) 보호소자

억제형 다이오드의 고유 커패시턴스는 정격전압에 의거한다. 바리스터와 동일한 방식으로 이 커패시턴스는 접속케이블의 인덕턴스와 결합하여 저역필터를 구성한다. 이 결과는 고주파 신호 전송중에 신호의 과잉감쇄로 나타난다.

2.4 복합보호회로

복합보호회로의 목적은 개별보호소자(가스충전형 보호소자, 바리스터, 억제형 다이오드 등)의 장점을 활용하고 단점을 제거한 것이다. 이를 수행하기 위해서 이 소자들은 구분임피던스를 사용하여 병렬회로로 직접 접속된다. 이러한 회로의 예는 그림 4와 같다.

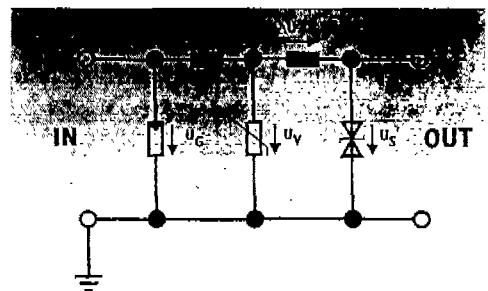


그림 4 3단계 서지 보호소자로 구성된 기본회로도

억제형 다이오드는 가장 빠른 속응성 소자이며 서지 전압 발생시 가장 먼저 반응한다. 복합보호

회로에서 방전전류의 강도가 커지면 억제형 다이오드가 파손되기 전에 바리스터로 전류경로를 변환시키도록 설계된다.

$$U_s + \Delta U \geq U_G$$

그리고, 바리스터의 서지 흡수용량 제한치에 도달하면 방전전류는 다시 가스충전형 보호소자로 경로를 변환한다.

$$U_v + \Delta U \geq U_G$$

그러나, 만약 방전전류가 이러한 레벨에 도달하지 못하면 가스충전형 보호소자는 반응하지 않는다.

이 동작절차는 소자의 속응반응 시간, 저레벨 전압제한 및 고서지 흡수용량의 장점을 결합한 것이다.

그리고, 단점인 억제형 다이오드의 과부하 및 선로속류의 경우에 퓨즈에 의한 빈번한 회로차단 등을 제거한 것이다. 고주파용회로는 바리스터를 사용하지 않는다. 대신에, 구분소자로 저항성의 저항체를 사용하고 저용량성 브리지(Bridge)회로를 사용하여 동작한다.

3. 서지 보호 시스템의 선정

3.1 서지 보호방식의 선정

서지 전압 보호방식은 보통급(Coarse), 중간급(Medium) 및 정밀급(Fine)보호로 구분된다. 이 보호방식의 구분을 표 1에 보인다. 만약, 서지 전압 보호영역으로 인입되는 모든 전기회로가 서지 전압을 차단하는 적합한 서지 보호장치를 구비하고 있으면 광역의(포괄적) 서지 전압 보호개념만 적용하여도 목적달성이 가능하다(표 1 참조).

이를 달성하기 위해 피보호 영역 전체주변에 보호회로를 설정하도록 개념이 주어져야 한다(그림 5 참조).

보호회로내의 영역은 외부 발생원과의 결합에 의한 서지 전압 발생을 차단하도록 설계된다. 또한, 이 영역은 그 내부에 있는 전력케이블 및 데이터선로와 같은 다양한 전기회로가 서로 영향을 미치는 것을 방지해야 한다. 이를 위해서, 전력케이블과 데이터선로는 서로 차폐되고 분리된 덕트(Duct)로 포설되어야 한다. 일단, 보호영역에 인출

표 1 서지 전압 보호방식

보호등급	보통급 보호 (Coarse) 100[kA]	중간급 보호 (Medium) 10[kA]	정밀급 보호 (Fine) 0.5[kA]
보호목적	선로보호(Line Protection)		
	계측 및 제어시스템 보호 (Measurement and Control Protection)		
	데이터 전송 연계부 보호 (Data Transmission Interface Protection)		
	통신장비 보호 (Communication Unit Protection)		
	무선장비 보호 (Radio Equipment Protection)		

입되는 모든 전기회로가 적합한 서지 보호장치를 거쳐서 접속되면 배관과 같은 모든 다른 전기전도성 요소는 등전위 접속되어야 한다.

이와 같은 서지 전압 보호영역은 전체건물, 실, 실의 일부 또는 단순히 개별전자장비를 보호하도록 적용될 수 있다.

만약, 단지 한대의 전자장비가 독립계통의 일부로 운용되면 서지 전압 보호영역을 전체실 또는 건물로 확장 적용하는 것은 비경제적이다. 그러나, 전자장비의 향후증설에 대한 사전고려는 있어야 한다.

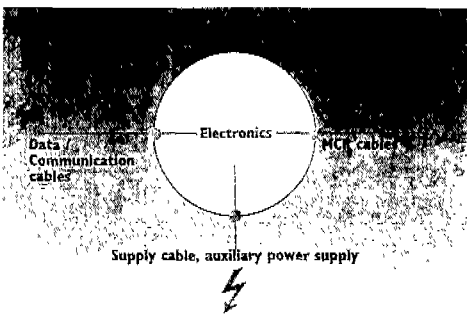


그림 5 효과적인 보호회로 개념도

3.2 서지 보호장치의 선정

전기/전자장비 절연의 임펄스 내전압치(Impulse Withstand Voltage)는 표 2와 같다.

표 2 임펄스 내전압치(DIN VDE 0110 기준)

정격전압 [V] (Conductor to PE)	서지 보호범주별 정격 서지전압[V] (Rated Surge Voltage for Surge Protection Categories)			
	I	II	III	IV
50	330	500	800	1500
100	500	800	1500	2500
150	800	1500	2500	4000
300	1500	2500	4000	6000
600	2500	4000	6000	8000
1000	4000	6000	8000	12000

상기의 표에서 보면 50[V]로부터 1[kV]까지의 정격전압범위에 대해서 I에서 IV까지의 서지 전압 범주가 지정되어 있다. 각 서지 전압 범주는 정격전압에 대해서 지정된 절연저항을 가진다. 정격전압은 상도체와 접지사이의 전압이다. 이것은 230/400[V] 전력공급 시스템에서 300[V]까지의 주동자 시스템에 대한 값을 포함하는 것을 의미한다.

전력공급측면에서 단말장치(터미널) 등은 1500[V]의 절연강도를 가지도록 제작됨을 주지해야 한다. 그러므로, 이 1500[V]에 합당한 이격거리를 유지하고 장비의 인입단에 약 1000[V]의 잔류전압부근으로 서지 전압 보호레벨을 설정하는 것으로 충분하다. 이것은 또한, 230/400[V] 시스템에 정밀급보호가 필요하지 않은 이유가 되며 이는 서지 전압을 $2 \cdot U_N$ 까지 제한하기 때문이다. 이 경우에, 중간급보호로 충분하다.

DIN VDE 0110에서는 단말장치(터미널)와 현장배전반 사이에 2500[V]의 절연저항을 지정하고 있다. 현장배전반에 중간급 보호용 서지 보호장치를 설치하고 주배전반의 보통급 보호용 보호장치 뒤쪽에 이것을 위치시키면 이 값은 초과되지 않을 것이다.

다양한 설치조건을 만족시키는 범용 서지 보호장치를 그림 6에 보인다.

예를 들면, 이 서지 보호장치는 뇌격으로 야기될 수 있는 대전류를 방전시키기 위하여 보통급 보호용 서지 보호장치가 주배전반에 설치되거나 뇌격전류에 대한 등전위 접속이 설치되는 건물 인



입구에 설치될 수 있다.

DIN VDE 0110에서는 주배전반과 현장배전반 사이의 잔류전압이 400[V]를 초과하지 않도록 요구하고 있다. 이 조건 및 예상누설전류를 방지시키기 위해 적합한 서지 보호장치가 선정되어야 한다.

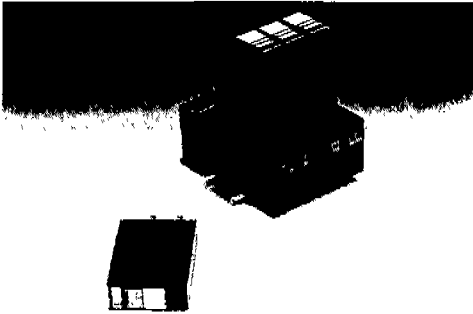


그림 6 범용 서지 보호장치 (예)

그림 7에서는 건물의 전력공급 인입지점으로부터 단말장치(터미널)까지 서지 보호장치의 설치위치와 절연강도를 보인다(DIN VDE 0110 기준).

일반적으로, 데이터 및 전송 또는 계측 및 제어 장비에 대한 절연강도는 표준으로 제시되어 있지 않다.

그러므로, 계측 및 제어장비 보호용 서지 보호장치를 선정시에 절연강도에 대해서는 제작자의 자료를 따르는 것이 중요하다. 최근, 전자장비의 제조도서에는 점차 절연강도에 대한 자료를 제시하고 있다.

그러나, 계측 및 제어장비용 서지 보호장치 선정시에 절연강도만이 중요한 것은 아니다.

설치에 따르는 중요한 면은 물리적 접속조건(플럭스접속, 단자대 등), 설치가능성(DIN 레일에의 설치가능여부, 어댑터 등) 및 전송주파수, 서지 보호장치의 허용전류용량 등이다.

데이터처리 시스템의 서지 전압 보호장치의 선정은 예상보다 매우 단순하다.

즉, 서지 보호장치의 제작자는 대부분의 데이터 전송 연계의 전기적, 기계적 조건에 일치하는 어댑터 부속의 서지 보호장치의 선정조건표를 제

공하고 있다. 그러므로, 사용자는 단지 사용연계 조건을 알고 이 연계에 적합한 서지 보호장치를 선정하기만 하면 된다.

사용자는 핀 배열, 기계적 접속조건, 전송주파수, 전압 또는 전류에 대해 걱정할 필요가 없다.

이러한 것들은 이미 서지 보호장치의 제작사에 고려되어 있다.

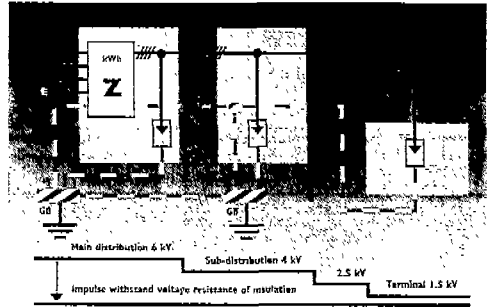


그림 7 절연협조 구성도(DIN VDE 0110, Part 1 기준) (예)

4. 서지 보호장치의 설치

4.1 서지 보호장치의 설치기준

적합한 서지 보호장치 선정후의 다음단계는 피보호 영역에 관하여 최적의 보호가 될 수 있는 가장 합당한 설치위치를 선정하는 것이다. 일반적으로, 해당 보호영역을 4개의 서지 전압 보호구역, 0~3으로 구분하는 것이 권장된다(표 3 참조).

보호구역 'Zone 0'는 강전자기 영향내의 영역 또는 직격뢰 영향내의 영역으로 된다.

보호구역 'Zone 3'는 전자계차폐 청정실(EMC Clean Room)을 지칭한다.

보호구역 'Zone 1 및 2'는 상기의 2개 극단영역 사이에 위치하는 영역이며 설치되는 전기/전자장비의 절연저항 및 이 장비의 전자계영향에 대한 저항에 기준하여 설정된다.

이 서지 전압 보호구역(Zone) 구분은 시스템 설계시에 수행되어야 한다(그림 8 참조).

주 등전위 접속은 서지 전압 보호구역, Zone 1의 인입구에 설정된다. 이 서지 전압 보호구역에 인출입되는 모든 전기적 접속 및 전기도전성 접속

표 3 서지전압 보호구역(Zones) 구분

서지 전압 보호구역 (Surge Voltage Protection Zones)	
Zone 0	직격뢰 영향구역 뇌격전자계 펄스(LEMP)에 대한 비차폐 구역 (LEMP : Lightning Electro-Magnetic Pulse)
Zone 1	공간전자계 펄스(SEMP)개폐, 극부적 뇌격 전류 경로에 의한 고에너지 과도이상현상 영향구역 (SEMP : Space Electro-Magnetic Pulse)
Zone 2	공간전자계 펄스(SEMP)개폐, 정전방전(ESD) 에 의한 저에너지 과도이상현상 영향구역 (ESD : Electro Static Discharge)
Zone 3	전자계 차폐 청정실(EMC Clean Room)

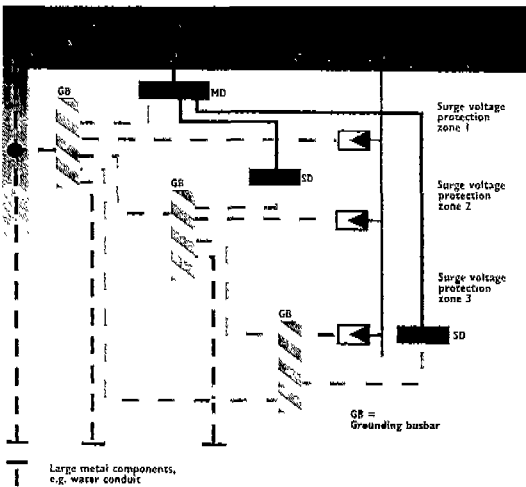


그림 8 서지 전압 보호구역의 구분 및 배치 (예)

은 접지모선(GB : Grounding Busbar)에 접속되어 등전위화된다.

전원공급, 데이터전송, 계측 및 제어장비로부터의 충전도체는 보통급 보호용 서지 전압 보호장치 및 인위적 도전성접속(보호접지, 수도관 등)에 의하여 접지모선에 직접 접속된다. 일반적으로, 수도관은 자연접지도체로 사용될 수 없으나 등접위 접속에는 포함 사용될 수 있는 것으로 허용하고 있다(DIN VDE 0190/0100, Part 540 기준).

서지 전압 보호구역 'Zone 2'에 대한 절차도 동일하다. 즉, 모든 해당 접속은 현장접지모선에 접

속되어야 한다. 다음으로, 충전도체는 중간급 보호용 서지 보호장치에 의해 접속되어야 한다.

이의 목적은 서지 전압 보호구역 'Zone 1'에서 접지모선 부접속과 주접지모선 사이에 가능한 한 가장 짧은 접속을 시행하는 것이다.

또한, 접지모선 부접속은 서지 전압 보호구역 'Zone 3'의 인입구에 설치된다. 그리고, 이 서지 전압 보호구역에 인출입되는 모든 해당 도전성접속은 이 지점에서 함께 인출되어야 한다.

그림 8에서 수도관은 서지 전압 보호구역 'Zone 3'까지 연장되지 않는다. 그러므로, 이것은 이 서지 전압 보호구역의 등전위 접속에 포함되지 않는다. 전력공급 케이블의 충전도체는 서지 전압 보호구역 'Zone 3'에서 중간급보호 서지 보호장치에 의해 접속된다. 그러나, 데이터선로, 계측 및 제어케이블은 대부분의 경우에 정밀급보호가 필요하다.

서지 전압 보호구역 'Zone 1'의 접지모선접속 및 추가 접지모선 부접속에는 가능한 한 짧은 접속이 시행된다. 이렇게 하여, 메시(Mesh)형 등전위 접속이 구성된다.

실제적으로, 계측, 제어 및 데이터선로에 대해 보통급 보호로부터 정밀급 보호 범위까지 서지 전압 보호는 거의 항상 서지 전압 보호구역 'Zone 3'의 인입구에 직접 1개의 서지 보호장치를 설치하여 수행된다.

이것은, 서지 전압 보호구역 'Zone 1 및 2'에서 서지 전압의 단계별 레벨감소가 면제될 수 있음을 의미한다.

서지 전압 보호구역 'Zone 3'에서 전력케이블 및 데이터선로는 서로 분리되거나 차폐된다.

만약, 데이터선로에 의해 접속되는 전기/전자장비가 이터넷(Ethernet) 등과 같이 고효율의 보호를 필요로 하지 않으면 대신에 이의 공급케이블은 다른 데이터선로와 분리 포설되거나 차폐되어야 한다.

이 개념에 의해서 자동적으로 서지 보호장치의 적합한 설치위치가 지정된다.

모든 전기/전자장비에 필요한 서지 전압 보호구역이 전체실에 걸쳐서 설정되거나 또는 한 개 장비 주변만으로 설정되느냐 하는 것은 중요하지 않



다. 모든 서지 전압 보호구역 'Zone 1~3'는 한번 이상 설정될 수 있다.

그러나, 경제적인 면에서 보면 동일한 보호를 필요로 하는 가능한 한 많은 장비가 단일 서지 전압 보호구역에 설치되는 방향의 개념으로 설계하도록 권장된다.

성공적인 서지 전압 보호는 이러한 고려사항이 시스템 계획단계에서 가능한 한 조기에 반영되어야만 수행 가능할 것이다.

5. 결론

본고에서는 서지 보호장치의 특성, 선정 및 설치에 대한 실제적 기술지침을 서술하였다. 즉, 서지 보호 장치에 대한 기본적인 이론, 실용적 정보, 기술 자료 및 실제적 설치 예 등을 서술한 것이다.

실용적인 서지 보호장치의 특성을 명확하게 이해하고 선정기준 및 설치기준에 일치하는 보호장치가 설치되어야 완벽한 서지 보호 시스템의 기능이 수행될 수 있음은 자명하다.

즉, 서지 보호 시스템은 기술적인 선정기준에

의거하여 선정되고 설치기준에 일치하여 설치되지 않으면 성공적으로 기능을 수행하지 못함을 주지하여야 한다.

● 참고문헌

1. IEC 1024
2. DIN VDE 0100 Part 443
3. DIN VDE 0100 Part 540
4. DIN VDE 0110
5. DIN VDE 0185 Part 1, 2, 100
6. DIN VDE 0190
7. DIN VDE 0675 Part 6
8. DIN VDE 0800 Part 2
9. DIN VDE 0843 Part 1, 2
10. DIN VDE 0845 Part 1

● 참고서적

- '최신 피뢰설비의 선정과 설계'
(강인권 편저/도서출판 신기술)
- 자료제공 : Franklin France/동경 E & C



운동의 땀과 사우나의 땀은 다르다.

운동으로 땀을 흘리는 것은 체온유지뿐만 아니라 혈액순환의 측면에서도 중요한 의미가 있다.

운동을 통해서 흘리는 땀과 사우나에서 흘리는 땀은 흘리는 양에서 뿐만 아니라 땀의 구성성분이 서로 다르다는 것을 알아야 한다. 운동으로 땀을 흘리면 혈액순환과 함께 땀이 체온 상승을 막아주면서 몸 속에 쌓인 노폐물을 땀을 통해서 배출하지만 매일같이 사우나에 앉아서 땀을 흘리는 사람은 지나치게 강한 열 스트레스와 급격한 체온 상승을 막고자 조절할 수 없이 비선택적으로 흘리는 막대한 수분의 손실로 심한 탈수 현상을 유발하게 되어 오랫동안 몸의 기능을 정상으로 회복할 수 없게 되어 건강에 오히려 나쁜 영향을 미치게 된다. 특히 체중을 줄이고자 사우나를 즐기는 비만인들이 많이 있는데 이는 잘못된 방법이다.