

서지 보호대책 및 보호기준

글/강 인 권

(주)대우엔지니어링/전기기술사

1. 서 언

서지(Surge) 전압은 전산시스템과 같은 전자장비에 대표적인 장애원으로 급속하게 증가되고 있다. 통계자료에 의하면 서지 전압에 기인한 장비의 파손 발생률이 매3~4년마다 배가되고 있다. 일반적으로, 전자장비의 하드웨어(Hardware)손상에 대해서는 보험회사로부터 변상을 받을 수 있다.

그러나, 소프트웨어(Software)의 손상 및 장비고장으로 야기된 고액의 손해비용에 대해서는 거의 변상을 받지 못하고 있다.

최근, 전자장비의 통합화가 증가되고 있어 서지 전압에 대한 저항력이 점차 약해지고 있다. 그리고, 민감한 전자장비의 급속한 증가로 서지 전압에 의한 장비의 파손이 더욱 보편적으로 발생되고 있다.

모든 회로는 정격전압에서만 기능을 수행하므로 지정된 정격의 허용범위를 초과하는 전압은 서지 전압이 된다. 대부분의 경우, 서지 전압은 전자회로와 전자회로내의 부품에 손상을 야기한다. 이러한 파손의 범위는 부품의 절연강도와 해당회로의 에너지 변환성능에 따라서 결정된다.

예를 들면, 230[V] AC 계전기 동작회로에서 유도성부하의 개폐결과로 생성된 500[V] 전압은 서지 전압이 된다. 그러나, 이 서지 전압은 회로 정격전압의 2.5배에 도달하지 못하고 단지 수[ms] 동안만 존재하므로 거의 손상을 야기하지 않는다.

집적회로(IC)에 접속된 5[V] DC 회로에서의 상황은 다르다. 동일한 서지 전압이 회로 정격전압의 100배로 되므로 분명히 파손을 야기한다. 집적회로의 절연강도는 체전기 보다 수십 배나 낮다

(그림 1).

서지 전압은 전력기기의 개폐동작 또는 뇌격방전에 의거한 전류결합(Coupling)에 의해 발생할 수 있으며 다른 요소와의 유도성 또는 용량성 결합에 의해서 야기되기도 한다. 전자장비에서 이러한 서지 전압은 '과도이상현상'으로 알려져 있다.

이 서지 전압의 상승시간은 수[ms]로 극히 빠르며 최고치에 도달한 후에는 수십~수백[ms]의 시간에 걸쳐서 상대적으로 감소한다. 이러한 서지 전압에 의해서 민감한 전자장비가 파손되는 것을 막기 위해서 서지 전압이 발생된 도체는 등전위 접속 접지에 신속하게 단락 접속되어야 한다.

이 경우에 누설전류는 수천[A]에 도달할 수 있다.

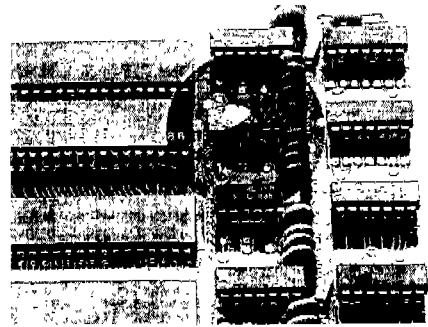


그림 1 고집적 마이크로일렉트로닉스(Microelectronics) (예)

서지 보호장치는 적용방식에 따라서 표면방전 서지 흡수장치, 가스충전형 서지 흡수장치, 바리스터(Varistor) 및 다이오드(Diode) 등의 소자가 단독 또는 복합구성형태의 보호모듈(Module)로 구성된다. 이것은 각 소자가 다음과 같은 서로 다른

고유특성을 가지고 있기 때문이다.

- 서지 흡수성능
 - 응답속도
 - 서지 억제특성 및 제한전압의 정밀도
- 이에, 본고에서는 서지의 현상과 영향 및 보호 대책, 보호기준에 대하여 기술한다.

2. 서지 현상과 보호대책

2.1 서지의 발생 및 영향

서지 전압은 주로 전력설비의 개폐동작, 정전기 방전, 뇌격방전 등에 의해서 발생된다. 그리고, 전기/전자 장비는 전류, 전자유도, 정전유도, 빛, 전파간섭 등에 기인 발생하여 전력케이블 및 계측/데이터 전송선로로 침입하는 서지 전압에 노출된다.

전원선로와 데이터 선로를 사용하는 건물내의 도체루프(Loop) 구성 예는 그림 2와 같으며, 동일한 방법으로 데이터 전송케이블의 도체 2분과 전력케이블의 도체 2분만으로 한 개의 도체루프가 구성 될 수 있다.

전기회로에서 상(비접지)도체와 접지전위 사이의 서지 전압은 공통모드(Common Mode) 또는 종축전압(Longitudinal Voltage), U_L 로 표시되며 상(비접지)도체간의 서지 전압은 정상모드(Normal Mode) 또는 횡축전압(Transverse Voltage), U_T 로 표시된다(그림 3a 참조). 그리고, 유도 서지 전압의 강도는 유도루프의 외주장의 길이에 정비례하여 증가한다(그림 3b 참조).

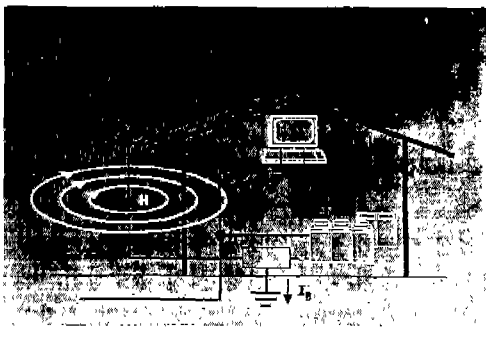


그림 2 전원선로 및 데이터선로로 구성된 도체루프 (Conductor Loop)

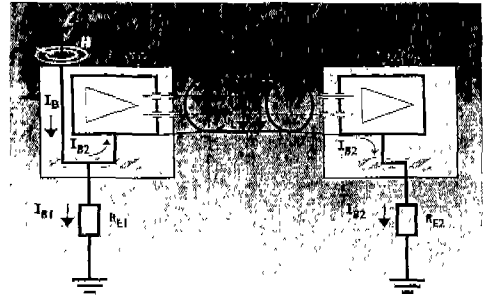


그림 3a 공통모드전압(Common Mode Voltage)

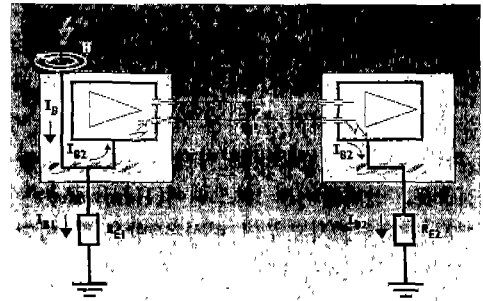


그림 3b 정상모드전압(Normal Mode Voltage)

초창기에 컴퓨터 본체를 사용하여 컴퓨터 시스템을 구축할 당시에는 컴퓨터의 전자기 환경과 주변환경이 거의 고려되지 않았다. 그 당시에는 가능한 간섭위해에 비하여 컴퓨터가 매우 견고하게 제작되었으므로 이러한 조건들을 고려할 필요가 없었다. 그리고, 최근의 기준에 비교하면 그 당시의 컴퓨터의 용량 대 크기의 비는 매우 열악했다.

이러한 대규모의 크기는 2분의 충전도체 케이블 사이 또는 컴퓨터 내부의 도체경로 사이에 적합한 이격거리 또는 절연을 보증할 만큼 충분했다. 이것은 서로 다른 전위의 2개 지점 사이에 방전발생 가능성이 거의 없다는 것을 의미한다. 고전위차에 기인한 방전은 장비의 정상운전 도중에는 발생하지 않으며 단지 서지 전압이 외부 고장원과 결합될 때에 발생할 수 있다.

최근, 컴퓨터 기술은 수년전에 장비실을 딱 차게 설치되었던 컴퓨터의 저장용량과 처리속도가 소형 주변장치를 포함한 한대의 퍼스널 컴퓨터

(PC)와 동일한 정도로 진보되어 있다. 이러한 퍼스널 컴퓨터는 배선기판(PCB)상의 두 도체회로 사이에 상당한 대규모의 이격을 위한 공간을 확보할 수 없음을 명확하다. 더구나, 외부 고장원으로 부터 시스템에 침입할 수 있는 서지 전압은 현대도 수십년 전과 같은 강도레벨을 가지고 있다.

서로 다른 전위차를 가지는 두 지점사이의 절연 강도는 두 지점간의 거리에 정비례한다. 이 때문에, 최근의 컴퓨터는 적절한 간섭 및 서지 보호조치가 없으면 간섭 및 파손에 노출 없이 기능을 수행할 수가 없다.

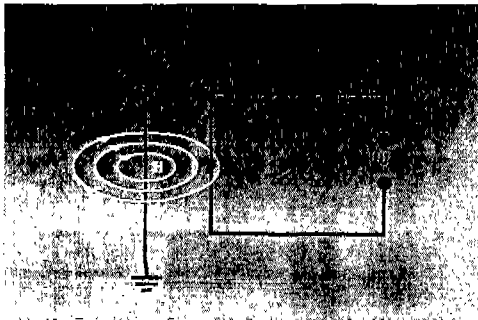


그림 4 도체루프(Loop)에서 뇌격전류에 의한 결합(Coupling)현상

기본적으로, 외부 피뢰보호 시스템은 내부 피뢰 보호 시스템과 조합될 때에 적합한 기능을 수행한다. 문제는 외부 피뢰보호 시스템에 뇌격전류가 간섭되거나 수회시에 장비배선 기관상의 데이터선 및 회로도체에 전자기 결합현상을 유기한다는 것이다. 뇌격전류의 경로는 외부 피뢰보호 시스템의 피뢰도체 또는 인하도체만을 경유하는 것이 아니다.

뇌격전류가 전자장비와 인접한 공간에 설치된 피뢰 인하도선에 인접선에 흐르게 되면 동일한 양상으로 인접한 도체루프에 결합(Coupling)현상이 발생한다(그림 4 참조).

뇌격전류의 경로에 평행 또는 각도를 가지고 인접하여 설치된 모든 케이블도체에는 이와 같은 결합현상이 유기된다.

컴퓨터에 연결된 전원선 또는 데이터선로에서 수천[V]의 결합현상도 결코 예외는 아니다. 서지

전압은 단지 뇌격방전에 의해서만 야기되는 것은 아니다. 유도법칙에 의하면 서지 전압은 접속된 전력 케이블도체에서 전류변화가 매우 급속하게 생길 때마다 항상 발생한다.

예를 들면, 전력설비의 개폐동작 중에 또는 정전방전에 의하여 서지 전압이 발생할 수 있다. 이러한 경우에 극도로 높은 서지 전압이 발생하여 전자부품을 파괴할 수도 있다.

일반적으로, 서지 전압의 위협에 대한 경고기준은 없다. 그러나, 전자장비가 외부간섭에 대해서 충분히 보호되어 있는지를 예측하는 것은 가능하다. 그 하나의 징후는 무작위 발생의 설명이 어려운 전자장비 시스템의 고장일 수도 있다. 연중 일정 시점, 주중의 일정한 날 또는 하루의 일정 시간대에 지속적으로 반복 발생하는 고장은 외부간섭에 대한 대책조치가 즉시 취해져야 한다는 명확한 신호이다.

2.2 서지의 보호대책

서지 전압 보호대책의 수행시에는 다음사항을 우선 고려하여야 한다.

- 전위분리
- 등전위 접속

상기의 전위분리 및 등전위 접속 모두가 적절히 시행되어야만 그 효과가 있다. 전자유도 및 정전유도 영향을 견딜 수 있는 전체적인 전위분리는 실제적으로 시행 불가능하다. 그리고, 완전한 등전위 접속을 위해서는 모든 선로의 도체가 고려되어야 한다. 이 등전위 접속에서는 서지 전압 발생시에 기 설정된 지점으로 서지가 이행되고 서로 다른 전위의 두 지점간에는 단락을 수행하는 등전위 접속장치(Equipotentializing Device)가 필요하다.

정상동작상태에서 이 등전위 접속장치는 회로에 영향을 미치지 않는 개로 스위치로 볼 수 있다.

이것은 서지 전압의 지속시간에 따라서 수[ns] 이내에 단락이 되고 단지 수[ms]의 시간동안 지속 유지된다.

이 경우에 회로내의 퓨즈는 보통 용단되지 않는다. 반면, 퓨즈가 용단되면 선로의 속류(Line Follow Current)와 같은 추가요인이 포함되어 있는 것으

로 볼 수 있다. 이것은 퓨즈가 서지 전압 보호 목적으로 설치되지 않음을 의미한다.

서지 전압에 대한 제1차 대책은 서로 영향을 끼칠 수 있는 케이블의 차폐, 접지, 등전위 접속 또는 분리설치이다. 이 대책은 또한, 전자장비에 전원을 공급하도록 외부케이블(L1, L2 또는 L3)중 1본만을 선정하거나 무정전 전원공급장치(UPS)를 사용하여 전원공급을 하는 방식을 포함한다.

실제로, 제1차 대책에 대해서 완벽한 이상적 조건을 수행하는 것은 불가능하다. 그러므로, 서지 전압의 위험이 있는 곳에는 서지 전압 보호장치를 추가로 설치할 필요가 있다.

서지 전압 보호장치의 사용은 서지 전압에 대한 제2차 대책으로 볼 수 있다. 이 서지 전압 보호장치는 지정된 동작범위내에서 동작하는 한 전자장비에 위험을 야기하지 않는 레벨까지 이상현상을 억제시키는 것이다.

일반적으로, 이 서지 전압 보호장치는 어떠한 파손이나 위해 없이 100[kA]까지의 전류를 방전할 수 있는 성능을 가져야 한다.

3. 서지의 보호기준

3.1 서지 보호의 기본개념

서지 전압 보호에 대한 최상의 대책은 시스템 계획단계에 이를 도입하는 것이며 이것이 서지의 모든 영향에 대해 비용을 최소화하는 최상의 대책이 된다. 정확한 서지 보호기능 수행의 주요조건은 적용기준 및 표준에 일치하여 완벽한 등전위 접속(Equipotential Bonding)을 시행하고 적합한 접지접속을 시행하는 것이다.

서지 전압 보호의 개념은 서지 전압 보호영역(Zone)으로 구분되어 설명된다. 이 영역은 각 영역 안에서 운용되는 전기 및 전자장비의 절연내력에 기준하여 지정되어야 한다. 서지 전압 레벨을 서지 보호장치를 사용하여 장비의 동작전압에 근접한 레벨로 감소를 수행할 필요는 없다. 단지, 서지 전압 보호레벨을 장비의 임펄스(Impulse) 내전압보다 낮은 값으로 감소시키면 되는 것이다.

그러므로, 유사한 절연강도를 가지는 장비는 집합 설치하여 공통의 서지 전압 보호영역을 할당하

여야 한다. 이외는 반대로, 각 장비주변에 공통의 서지 전압 보호영역을 설정할 수 있다. 이 개념은 특히 중요하다. 예를 들면, 전산장비 등과 같은 민감한 장비가 다른 장비와 통신선로를 구성하는 경우에 위대한 서지 전압이 데이터 전송선로에 침입할 수 있으며 이는 또한 방지되어야 한다.

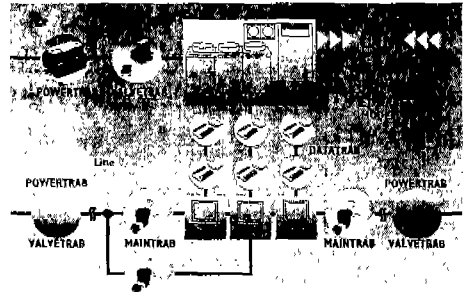


그림 5 중앙장치/단말장치 개별보호개념 (예)

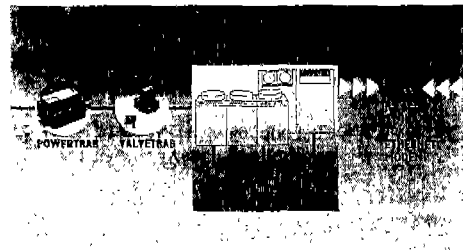


그림 6 중앙장치/단말장치 일괄보호개념 (예)

그림 5 및 그림 6은 2종류의 서지 전압 보호개념의 시스템구성 차이를 보이고 있다.

그림 5는 보호영역개념의 고려없이 어느 일정지점에 설치된 중앙장치 및 단말장치(Terminal)의 서지 보호시스템의 구성을 나타내고 있다.

그림 6은 공통보호영역으로 동작하는 중앙장치 및 단말장치의 서지 보호시스템을 보이고 있다. 상기의 두 그림 모두 데이터처리 장치보호와 함께 선로보호 시스템을 포함하고 있다.

정밀급 보호개념에서는 전기 및 전자장비의 모든 인출입 선로에 대한 보호를 고려하여야 한다.

즉, 광역 서지 전압 보호개념이 고려되어야 한다.

서지 보호장치의 사용으로 민감한 전기 및 전자 장비는 이를 통과하는 높은 서지 전압으로부터 보호된다. 서지 보호장치는 전기회로로 구성되고 일반적으로 다음과 같은 종류의 소자가 사용된다.

- 표면방전형 소자(Surface Discharge Type Element)
- 가스충전형 소자(Gas-Filled Type Element)
- 바리스터(Varistor)
- 다이오드(Diode)

서지 보호장치의 기본개념은 서지를 포획 및 억제하는 것이다. 즉, 서지 전압과 복합저항의 조합으로 서지 전류를 포획, 억제하는 것이다. 서지 보호장치는 동작결과로 발생한 전기에너지를 열 등으로 변환시킬 수는 없다.

이 장치는 단순히 전류를 포획하여 대지로 흘려주는 출구(Gate)기능을 수행한다. 그러므로, 대지로 접속되는 전류경로는 잔류전압이 감소되도록 전체 도체경로에 걸쳐서 저저항으로 된다.

전체 도체경로는 서지 보호장치 및 이에 접속된 인출케이블이다. 이 도체경로는 해당지역의 등전위 접속을 경유하게 되므로 이 등전위 접속의 저항은 낮게 유지되어야 한다.

과도이상현상의 방전전류는 고주파수로 된다.

이것은 대부분의 주요저항이 저항성이 아니고 유도성인 때문이다. 유도법칙의 공식은 다음과 같이 표현된다.

$$U = L \times \frac{di}{dt}$$

이 유도법칙에 의해 고전류가 대지전위로 방전되면 더 큰 서지전압이 생성된다. 유도저항은 케이블길이의 변경 또는 병렬접속변경에 의해서만 영향을 받는다. 이 때문에, 가능한 한 조밀한 메시(Mesh)형 등전위 접속이 기술적으로 가장 우수한 해결책이 된다.

일반적으로 등전위 접속에는 선형(Line Type), 성형(Star Type) 및 메시형(Mesh Type)으로 구분된다. 전자장비가 설치되는 기존의 건물에서의 유

일한 해결책은 보통 선형(Line Type) 등전위 접속을 사용하는 것 뿐이다.

가끔, 성형(Star Type) 등전위 접속을 시행하기 위해서 추가로 등전위 접속 케이블을 설치하는 것이 가능한 경우는 있다. 메시형(Mesh Type) 등전위 접속은 건물의 계획단계에 포함되어 시행되어야만 가능하다.

3.2 서지 보호의 기본단계

일반적으로, 서지 전압보호는 보통급(Coarse)보호, 중간급(Medium)보호 및 정밀급(Fine)보호로 구분된다. 상대적으로 고절연 강도를 가지고 선로 전압에 접속된 장비인 전원공급설비에는 보통급 보호 또는 중간급 보호가 적합하다.

그러나, 데이터선로, 계측 및 제어장비와 선로는 포함된 전자부품요소가 매우 민감하므로 명확히 정밀급보호가 필요하다. 전원설비에 대한 보통급 보호는 건물 인입지점의 주배전반에 설치되거나 계량기반에 설치되며 일반 피뢰보호장치가 사용된다.

그러나, 이후의 회로에 서지 전압은 여전히 존재하므로 이것은 보호영역의 정의에 따라서 전자장비의 입력단자대 또는 선로수구(Socket)의 하부 시스템에서 그 레벨을 감소시켜야 한다.

이 단계에서는 중간급보호용 서지 보호장치가 사용될 수 있다. 일반 접지극부 수구(Socket)를 통합 서지 전압 보호장치 및 접지극부 수구로 교체하는 것은 어렵지 않다(그림 7 참조).

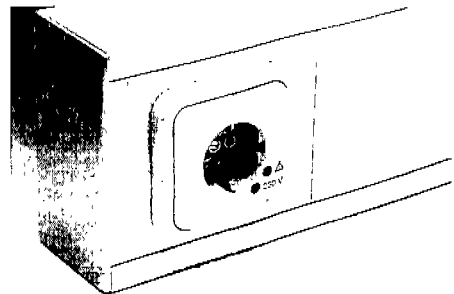


그림 7 종합 서지 보호장치/접지극부 수구(Socket) (예)

데이터선로에 사용되는 서지 보호장치는 해당 연계접속의 전기적 및 기계적 조건에 부합되어야 한다. 이러한 서지 보호장치의 예는 그림 8과 같다.

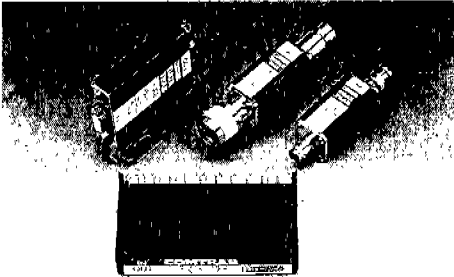


그림 8 데이터리드선 보호용 서지 보호장치 (예)

이 데이터선로 서지 보호장치에는 적합한 보통급 보호용 및 정밀급 보호용 소자를 포함한다. 서지 보호장치는 해당 보호영역의 데이터선로 인출입 지점에 설치된다.

전원공급설비에는 서지 보호장치가 선로에 병렬로 접속되지만 계측, 제어 및 데이터 처리장치에 대해서는 서지 보호장치가 선로에 병렬로 접속된다. 그러므로, 이 경우에 서지 보호장치는 장비의 양단에 설치되어야 한다.

즉, 데이터 송신장치 및 수신장치의 양쪽에 설치된다. 동일한 보호가 필요한 장비가 동일한 서지 전압 보호영역에 집합 설치되면 그 영역에 대한 모든 전기적 접속은 반드시 서지 보호장치를 통해서 이루어져야 한다(그림 5 참조).

이것은 잔류 서지 전압을 필요한 보호에 적합한 레벨로 감소시키기 위해서이다. 그리고, 보호영역 내의 모든 전기적 접속사이에는 등전위 접속이 시행되어야 한다.

3.3 서지 보호의 기본방식

장비에 대한 서지 전압 보호방식은 일반적으로 다음과 같이 구분된다.

○ 보통급 보호용 서지 보호장치

○ 중간급 보호용 서지 보호장치

○ 정밀급 보호용 서지 보호장치

보통급 보호용 서지 보호장치는 표면방전형 서지 보호장치 및 고전류도통 용량성 바리스터(Varistor) 또는 고용량성 바리스터로 구성된다.

주 또는 부배전반에 설치되는 중간급 보호용 서지 보호장치는 일반적으로 서지 보호소자로 바리스터를 사용한다. 그리고, 바리스터와 가스충전형 서지전압 보호장치의 조합회로가 장비보호용 서지 보호장치로 사용된다.

이 경우에, 가스충전형 서지전압 보호장치는 바리스터와 직렬로 접속된다. 선로에 적용되는 바리스터는 온도상승 즉, 누설전류의 흐름이 지속적으로 점점되어야 한다.

이 때문에, 장비보호용 바리스터는 항상 열방산에 적합하도록 제작되어야 한다. 적합한 서지 보호장치를 사용하여 효과적인 서지 전압 보호를 수행하기 위하여 보통급 보호, 중간급 보호 및 정밀급 보호용 서지 보호장치는 전원공급설비에 설치될 때 서로 구분 설치되어야 한다.

보통급 및 중간급 보호용 서지 보호장치는 전원공급선로에 병렬로 접속된다. 즉, 외부도체와 접지 사이에 접속된다.

이것은 이 서지 보호장치의 한 개가 동작에 실패하더라도 전원공급이 중단되지 않도록 해야하기 때문이다.

각종 서지 보호장치 사이에 도체경로에 의해 최소 이격거리를 유지하므로 도체경로가 케이블의 자기인덕턴스(Inductance)에 기인한 과도이상전류를 받을 때마다 전압이 상승한다.

이 전압은 상대적으로 약한 서지 보호장치를 통하여 동일한 방식으로 상승되어 회로에 반환되는 전압과 함께 상대적으로 강한 서지 보호장치(중간급 또는 보통급보호)에 대해 해당되는 응답전압을 제공한다.

그러면, 방전전류는 상대적으로 약한 서지 보호장치로부터 상대적으로 강한 서지 보호장치로 경로가 전환되어 흐르게 된다. 이렇게 하여, 상대적으로 강한 서지 보호장치는 상대적으로 약한 서지 보호장치를 파손으로부터 보호하게 된다.

이 서지 방전전류의 경로전환은 전자장비의 서지 보호장치의 보호회로에 대해서도 동일한 방식으로 적용된다.

저압전력 공급계통에서 일정한 길이의 케이블은 전자장비용 서지 보호장치에 대해서 유도성 소자에 해당되는 기능을 가진다. 전원공급설비의 보호에서 보통급 보호장치와 정밀급 보호장치 사이의 이격거리는 일반적으로 10[m]를 초과해서는 안된다. 중간급 보호장치 및 장비보호장치 사이에 최소 5[m]의 케이블경로에 의한 이격거리가 필요하다.

보호장치 사이에 필요한 구분 이격거리는 그림 9와 같다. 이러한 선로보호 이외에도 데이터축정 및 제어케이블, 안테나 케이블 등에도 보호가 필요하다.

일반적으로 완벽한 서지 보호를 위해 다수의 서지 보호소자가 한 개의 보호장치내부에 조합되어 설치된다.

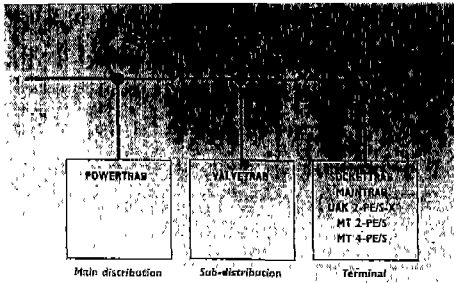


그림 9 보호장치 구분요소로서의 케이블 (예)

4. 결 언

본고에서는 서지 현상, 보호대책 및 보호기준에 대한 실제적 기술지침을 서술하였다. 즉, 서지 현상 및 영향에 대한 기본적인 이론, 실제적인 서지 보호대책 및 적용 보호기준 등을 서술한 것이다.

실제적으로 서지 현상 및 영향은 다양한 양상을 보이므로 이러한 실제적 서지 보호대책 및 보호기준이 정확하게 적용되고 모든 환경조건이 고려된 서지 보호 시스템이어야 제 기능을 수행할 수 있

음은 명백하다.

즉, 서지 보호 시스템은 기술적으로 적용기준 또는 표준에 일치하여 설치되지 않으면 성공적으로 기능을 수행하지 못함을 필히 주지하여야 한다.

참고서적 「최신 피뢰설비의 선정과 설계」
(강인권 편저 / 도서출판 신기술 발행)

자료제공 : Franklin France / 동경 E & C

당신 품에 있잖아요

♡ 최 방 주

하루가 지나면 잊혀질 줄 알았습니다.
한 달이 지나면 생각이 안 날줄 알았습니다.
일 년이 지나면 연기처럼 사라질 줄 알았습니다.
십 년이 지나면 기억이 없는 줄 알았습니다.

그런데 왜 문득 문득 보고 싶을까요
이런 것이 그리움입니까

오직 당신만이 잘 알고 있을 것이오

나 그리고 당신 어쩔 수 없어요
수평선 긴 철로의 레일과 같이
바라만 보다 긴 여행의 추억뿐
빛 바랜 종이의 글씨처럼

그대의 따스한 손길 스칠 때면
시들었던 나팔꽃 다시 피고

당신의 고운 눈과 마주칠 때면
가슴속의 심장은 빨강계 익어
지금은 재가되어 버렸소

나 지금 당신에게 가도 되겠소?

췌!
조용히

나는 이미 당신 품에 있잖아요

* 위 시는 (주)풍산(운산공장)에 근무하는 최방주
(No. 40439) 회원님께서 보내주셨습니다.