

건축물에 침입하는 뇌서지 분류에 따른 서지보호 대책

이복희 | 인하대학교 전자전기공학부 교수
 엄주홍 | 기초전력연구원 선임연구원

1. 서론

건축물 내에 설치된 전자기기 내부에 사용된 VLSI 및 마이크로 컴퓨터 소자는 동작전압·전류가 작고 과전압에 대한 내성이 낮기때문에 서지유입으로 인한 기기의 파손, 오동작, 잡음 발생 등의 장애가 발생하기 쉽다. 또한 정보 기술 관련 기기는 건축물 내부, 외부가 유선으로 망상화되어 있고 대부분의 기기의 전원은 상용 전원에서 공급되고 있다. 이와 같이 급속도체로 연결되어 있는 경우에는 주변의 낙뢰에 의해 생기는 뇌 서지의 영향에 의해 여러 가지 장애가 발생한다.

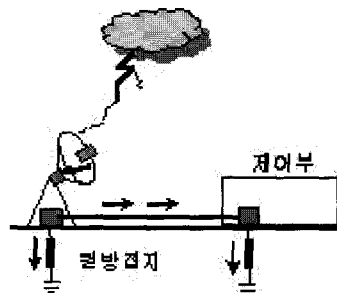
최근 중요성이 증대되고 있는 내부 뇌 보호 시스템은 전자·통신기기 등의 소위 약전기기의 과전압 방지를 위하여 건축물 내에 등전위본딩, 뇌 서지 보호장치의 적용, 차폐 등의 대책 즉, 뇌 전자 임펄스 대책을 다각도로 강구하고 있다. 건축물 내에 있는 모든 기기 및 전력선, 통신선, 수도관 등의 급속제 설비의 등전위화(等電位化)를 지향하고 각종 뇌 서지 보호장치의 설치가 의무화되어 가고 있는 추세이다. 이러한 뇌서지 보호기술의 진보와 더불어 IEC규격이나 IEEE의 표준화된 권장규격 등의 해외규격에

서 체계적인 뇌서지 분류에 따른 서지보호장치의 선정과 적용절차를 국내에서도 도입하려는 움직임을 보이고 있다. 일례로 KS 규격은 IEC규격을 도입하여 국내 산업전반에 점차 확대 적용하는 적극적인 움직임을 보이고 있다.

2. 뇌서지의 형태

뇌서지의 일반적인 형태로는 직격뢰와 유도뢰가 있으며, 뇌서지에 의해 발생하는 과전압의 양상은 그림 1과 같다. 직격되는 지상에 존재하는 구조물, 전자장비의 안테나, 가스관 또는 급수관 등에 직접 떨어지는 현상으로서 대단히 큰 뇌격전류의 에너지 전체가 지상에 유입됨으로서 국지적인 대지의 전위 상승을 수반하고 극심한 파괴력을 동반한다. 일반적으로 뇌격전류의 진행경로 주변의 전기기기나 전자장비 등은 손상을 입게 되며, 화재발생의 위험성도 매우 높다.

반면에 간접되는 낙뢰가 장비를 포함하고 있는 건축물로 인입되는 전력선 또는 신호/통신회로를 통해 건축물로부터 거리가 떨어진 곳으로부터 뇌 방전 에너지가 외부 인입선을 따라 장비로 침입하는 경우로서 직격뢰에 비해 뇌격전류 에너지는 적은 편이나 뇌 서지의 대부분을 차지하고 있다. 낙뢰가 지상건축물 주변의 나무나 지표에 떨어지거나 근거리에서 뇌운간의 방전시 뇌격전류 통로 주변에 전자유도 또는 정전유도에 의해 발생하는 유도뢰가 건물내로 인입되는 전력선 또는 통신/신호선로에 유입되는 형태로 나타난다.



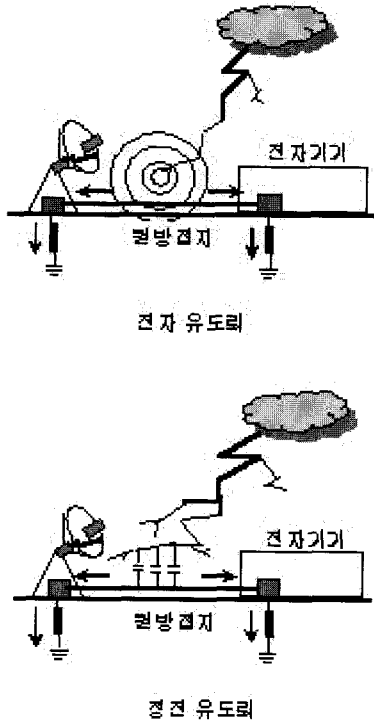


그림 1. 뇌서지에 의한 과전압의 발생

또한 일반적으로 건축물에는 저압 전원선, 통신선 등이 큰바 금속 도체가 인입 설치되어 있고, 건물 내의 설비기기에는 접지가 되어 있다. 이와 같은 상황에 대해서, 뇌서지의 전달은 저압 전원선, 통신선, 접지계로부터의 전도, 지상 공간·건물 공간으로부터의 방사에 의한 형태가 있다. 뇌서지는 이러한 형태에서 전달되지만, 단독으로는 되지 않고 전파 도중에 복잡하게 뒤얽혀지는 경우가 많다. 게다가 뇌 전류가 인하 도선을 통하여 접지선에 흐를 경우 여러가지 결합에 의한 과전압이 유기되는 경우도 있다.

3. 뇌서지의 전자환경 Category 분류

건축물에 대한 뇌서지 보호를 검토하기 위한 가장 중요한 요소는 인입점, 주택 내의 콘센트의 위치에 따라 뇌서지 전압 및 파형이 나타나고 있다. 유럽에서는 이러한

평가를 함으로써, 전자환경의 Category를 검토하고 있다.

ANSI(American National Standard Institute) / IEEE 규격 「저압 회로에 대한 서지 전압의 지침」(C62.41 - 1980)에서는 그림 2에 나타난 바와 같이 건축물 내의 뇌서지에 의한 전자 환경을 3 가지의 Category로 분류하고 있다. 3 가지의 Category에 대하여 뇌서지의 구체적인 값을 표 1에 나타내었다. 그림 3에는 뇌서지 전압 및 전류 파형을 나타내었다. 표 1의 값은 서지 전압의 발생율로서 3 [kV]가 연간 0.01~10 [회], 6 [kV]는 0.01~1 [회] 정도의 환경 조건에 대한 최대치이다. 조건으로서 실내 배선 회로의 임피던스가 높은 경우와 낮은 경우가 있다. 표 1에 의하면 카테고리 A에서는 (c)의 100 [kHz] 진동감쇠 파형으로 개방전압이 6 [kV]이고, 전류치가 200 [A]로 규정되어 있다. 또한 Category B에서는 단일 극성 파형(a)의 개방 전압이 6 [kV], 파형(b)의 전류 3 [kA]의 값이 된다. Category B에서부터 Category A로 이행될 때에는 임피던스가 크게 되는 경우를 고려하여야 하기 때문에 진동감쇠 파형(c)의 전류치가 규정되어 있다.

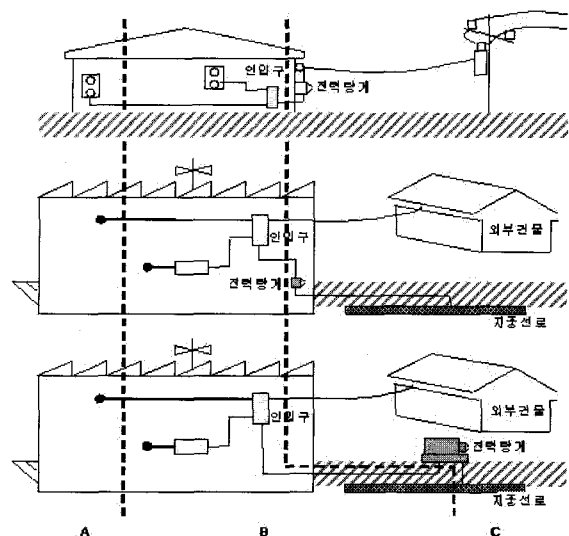
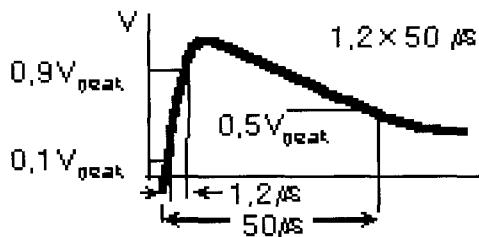


그림 2. ANSI/IEEE의 뇌전자환경 Category 분류

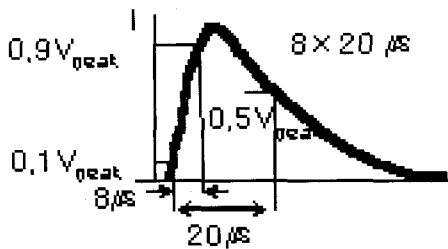
- Category A : 원거리 분기회로, 옥내 콘센트. (위치범주 B로부터 10 [m] 이상, 위치범주 C로부터 20 [m]이상 떨어져 있는 콘센트 단, 전선 굵기는 2.1~ 5.3 [mm])
- Category B : 주요 간선 및 근거리 분기회로, 분전반. (상업용 건물에서의 조명시스템, 인입구로부터 근거리로 접속되는 충전기기용 리셉터클 및 산업용 시설에서의 분전기기, 모선, 간선계통)
- Category C : 가공 배전선, 인입점, 전력량계, 지하케이블, 건물 외부. (가공 저압 전원선으로부터 건물 인입구까지의 도체, 전력량계와 분전반 사이의 도체, 가공 배전선으로부터 건물, 펌핑시스템에 있어서 지중선으로부터 전기펌프모터까지의 부분)

표 1. Category에 의한 뇌 서지 (ANSI 규격)

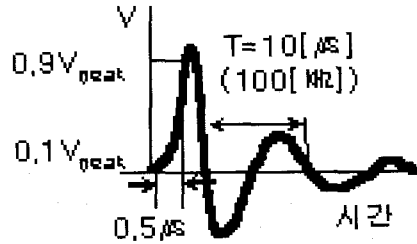
회로의 조건	Category		
	B	B-A	B
고 임피던스	6 [kV] (파형 [c])	6 [kV] (파형 [c])	6 [kV] (파형 [a])
저 임피던스	200 [A] (파형 [c])	500 [A] (파형 [c])	3 [kA] (파형 [b])



(a)



(b)



(c)

그림 3. 뇌 서지 전압 · 전류 파형

IEC 60364 시리즈에서 제시하고 있는 4종류의 카테고리는 다음과 같다.

- Category I : 옥내 콘센트에 접속되는 기기, 예를 들면 전자통신기기
- Category II : 옥내 콘센트 혹은 고정된 전기 설비에 접속되어 있는 기기, 예를 들면 가전기기, 휴대용 기기
- Category III : 옥내에 고정된 전기 설비에 접속되어 있는 기기, 케이블, 부스 닥트, 접속함, 스위치, 콘센트 등의 배선 시스템, 공장 등에서 영구 접속된 기기.
- Category IV : 전기 설비 인입점, 전력량계, 과전류 보호 장치를 포함한 가공선 및 지하 케이블 시스템.

IEEE의 Category C 는 IEC Category IV에 해당한다. Category IV에 대하여 인입선에는 가공선 방식과 케이블 방식의 2 종류가 있으나 특히 가공선 방식의 경우의 보호가 중요하다.

4. 뇌 서지의 보호 대책

뇌 서지로부터 기기를 보호하기 위해서는 기본적으로는 접지를 포함한 뇌 서지 보호 장치와 등전위본딩 기법을 적용하거나, 서지를 차단하는 절연 변압기나 등을 이용하여 대응하는 방법도 있다. 최근의 전기 기기에는 마이크로가 내장되어 있는 경우가 많다. 이것들은 과전압 내

량이 작기 때문에 뇌 서지 등으로부터 기기를 보호하기 위해서는 뇌 서지 보호장치(Surge Protective Device : SPD)가 반드시 필요하다. 여기에서는 SPD의 종류와 특성 및 설치 방법을 기술하는 것으로 한다.

4.1 서지보호기의 선정과 적용

SPD는 크게 보면 반도체형과 갭형이 있다. 그리고 기능면으로 구별하여 보면, 억제형과 차단형으로 구분할 수 있다. SPD의 구비 조건으로서는 동작 전압이 낮고, 응답시간이 빠르고 정전 용량이 작을 것 등이 있다. 최근에는 산화아연(ZnO) 바리스터가 SPD로 많이 사용되고 있는데, 이것은 큰 서지 내량과 우수한 제한 전압 특성 등의 특징을 갖고 있다.

뇌 서지로부터 전자기기를 효과적으로 보호하는 경제적인 대책을 수립하기 위해서는 침입하는 뇌 서지의 특성과 환경적인 요소, SPD의 특성 등에 대한 정확한 정보와 조합기술이 필요하다. 보호하고자 하는 정보통신설비가 설치되어 있는 환경적 측면으로 뇌 서지에 의한 피해 상황, 설비의 내성, 보호하고자 하는 설비의 운용상의 손실, 안전성, SPD의 설치비용 등을 분석할 필요가 있다. 또한 SPD를 설치해야 되는 필요성이 결정되면 설치장소에서의 SPD의 응답특성 및 에너지 내량 등을 결정하고 적절한 SPD를 선정하여야 한다.

(1) SPD의 선정

저압 전원선에 접속하는 SPD의 경우 그림 4에 나타난 선정절차에 대한 흐름도에 따라 순차적으로 검토하여 적절한 성능을 가지는 SPD를 선정한다. 저전압 전원계통에 접속되는 SPD의 성능은 표 2에 나타난 최대연속동작전압과 일시적 과전압의 값에 대해서 계통에서 요구되는 기준을 만족하여야 한다. 다시 말하면 SPD의 최대연속동작전압과 일시적 과전압은 전원계통의 최대연속동작전압과 일시적 과전압보다 높아야 한다.

그림 4. SPD의 선정에 대한 흐름도

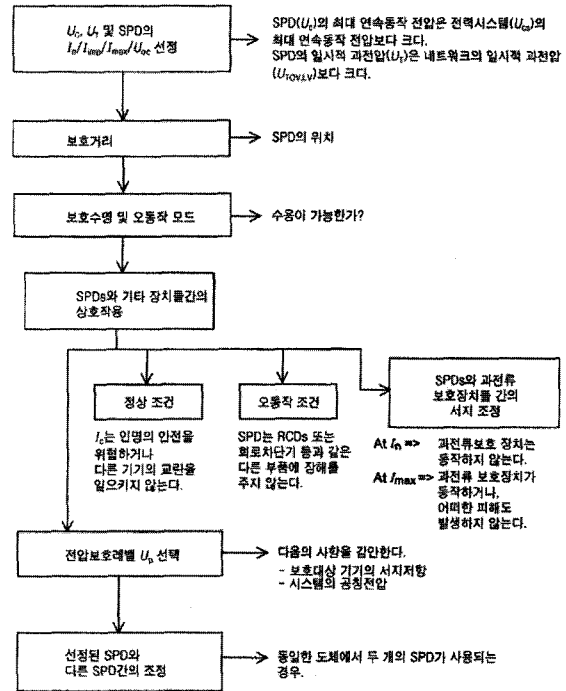


표 2 전원계통에서 SPD의 최대연속동작전압

항목	TT	TN-C	TN-S	IT*
회선과 중성점사이	1.45Uo	-	1.45Uo	1.45Uo
각 회선과 보호도체사이	1.732Uo	-	1.732Uo	1.732Uo
회선과 보호도체(중성선)사이	Uo	-	Uo	Uo
중성점과 보호도체사이	-	-1.45Uo	-	-

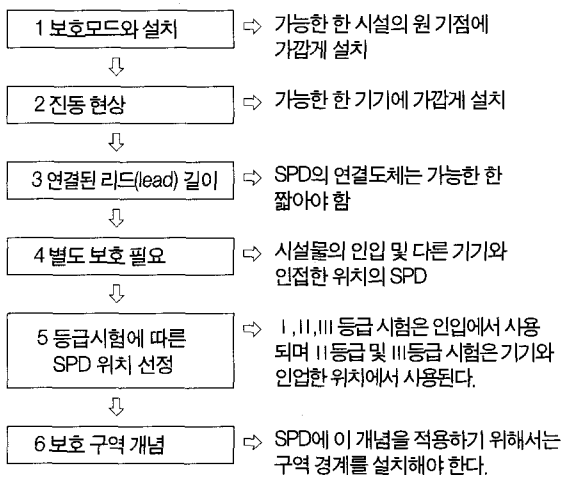
* : 중성점이 설치되어 있을 때

1.45Uo : 저전압 전원계통의 회선과 중성점의 전압

저전압 전원계통에서 발생하는 최대연속동작전압은 $U_{cs} = K \times U_o$ (K는 정수이며, TT시스템의 경우의 1.5)이며, U_{T1} 는 SPD의 일시적 과전압이므로 저전압 전원선의 고장과 같은 사고에 의해서 발생하는 일시적 과전압 보다 높은 값으로 된다.

(2) SPD의 적용기준

보호요건이나 환경적 조건에 따라 적절한 규격의 성능을 가지는 SPD를 적용하여야 한다. 보호하고자 하는 대상 설비와 설치요건 등에 대하여 그림 4에 표시된 SPD의 적용 절차에 고려되어야 하는 점과 적용기준에 대하여 검토하여야 한다. 검토하여야 하는 내용의 전반적인 개요는 다음과 같다.



〈그림 4〉 SPD적용에 대한 절차

① 보호와 설치방법

보호하고자 하는 기기 또는 설비가 충분한 과전압 내량을 가지는 경우 표 2에 나타낸 여러 가지 배전계통에 대하여 분전반 입구에 근접한 위치에 충분한 서지내량을 가지는 SPD를 설치하면 거의 대부분의 설비는 보호할 수 있다.

② 왕복진동현상

보호하고자 하는 기기 또는 설비와 SPD사이의 거리가 먼 경우 입사하는 서지의 왕복진동에 의해서 SPD 제한전압의 약 2배 정도의 전압이 보호하고자 하는 설비에 발생한다. 서지의 왕복진동은 배선길이가 10 [m]미만의 경우는 무시할 수 있지만, 10 [m]이내의 경우에도 2배 이상의 전압이 발생할 수 있으므로 보호하고자 하는 기기 또는 설비 내의 보호소자와 SPD의 협조가 잘 이루어지도록 하여야 한다.

③ 접속선의 길이

가장 효과적인 과전압보호를 위해서는 SPD 배선용 접속선의 길이를 짧게 하고 접속선의 인덕턴스에 의한 유도전압을 억제하는 배선방법을 적용하는 것이 필수적이다.

④ 추가보호의 필요성

보호하고자 하는 기기 또는 설비에 입사하는 뇌서지전압이 비교적 낮은 경우는 건물의 입구에 설치하는 SPD로도 보호효과가 충분하지만 뇌 방전에 의해서 건물 내부에 전자장이 발생하는 경우, 컴퓨터와 같이 매우 정밀하고 민감한 설비 또는 보호하고자 하는 설비가 입구에 설치한 SPD로부터 먼 경우는 추가보호장치를 설치할 필요가 있다.

⑤ 등급시험에 기초한 SPD설치 장소의 선정

뇌서지전압 또는 저전압 배전계통에서 발생하는 과전압을 고려하여 적절한 규격의 SPD를 선정하는 것이 매우 중요하다.

⑥ 보호영역의 개념

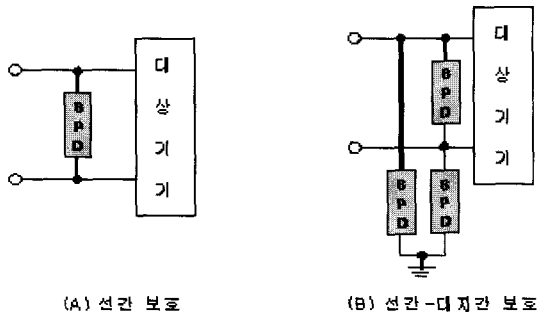
적절한 서지보호의 설계 또는 적용과 관련하여 IEC에 규정되어 있는 보호영역의 개념을 기초하여 보호영역을 계층으로 분류하고, 배전계통을 세분하여 SPD를 설치하는 경우 보호영역의 경계에 SPD를 설치하는 것이 가장 바람직하다.

4.2 뇌서지 보호장치의 설치 방법

SPD의 설치시, 유의하여야 할 사항은 뇌 서지의 전사 환경의 Category 및 뇌 보호 영역을 고려한 연후에 뇌서지의 1차 보호(개략 보호), 2차 보호(정밀 보호)라고 하는 단계의 보호 협조가 필요하다. 또한, 보호 대상 기기의 특성과 SPD의 규격의 적합성을 도모하는 것이 필요하므로, SPD의 접지는 가능한 한 공통접지하는 것이 요구된다. 보호대상 기기에 적용하는 SPD의 설치의 기본은 그림 5에 나타낸 바와 같이 선간과 대지간에 SPD를 설치하는 것으로 한다. 특히 보호 대상기기가 정보·통신 기기의 경우에는 전력선과 통신선의 보호를 고려하여야 한다. 그림 6(a)의 공통 접지 방식은 전력선과 통신선의 접지와 공통화하여 기기에의 과전압을 방지하는 보호 방식이다. 그러나 저압 배전선측의 접지와 저압 배전선측으로의 어레스

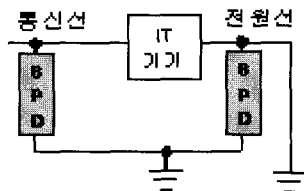


터 설치 등의 문제점을 가지고 있다. 그림 6(c)의 절연방식은 저압 배전선측에 고전압 절연(내뢰) 변압기를 이용하는 방식이다. 이는 경제적으로 불리하다. 그래서 그림 6(b)의 바이패스 어레스터 방식은 전력선과 통신선 간에 SPD를 설치하여 SPD를 동작시켜 과전압을 방지하기 위한 방식으로 비교적 적용하기 쉬운 방법이다.

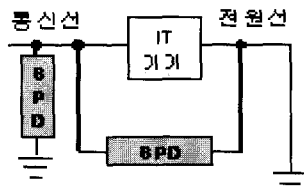


(A) 선간 보호 (B) 선간-대지간 보호

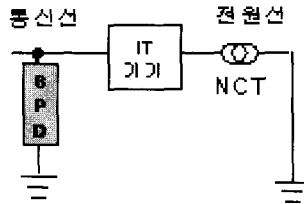
그림 5. 일반적인 뇌서지 보호 장치(SPD)의 설치기법



(a) 공통접지법



(b) 바이패스 어레스터법



(c) 절연방식

그림 6. 저압배전선에 접속된 통신기기의 낙뢰보호대책

5. 맺음말

근래의 뇌보호설비는 건물 내부의 설비, 특히 운송설비나 방재설비 등의 전자 기기를 포함한 전기설비에 대한 보호는 거의 고려하지 않았지만 지능형 건물이나 정보화 건축물에서는 이에 대한 비중이 대단히 커지고 있다. 특히 전자기기나 제어시스템의 사용이 급증함에 따라 뇌서지에 대한 피해빈도나 피해규모도 커지게 되었다. 최근 저압전원계통의 등전위화의 일환으로 공통접지의 사용이 증가하는 것도 뇌서지 침입경로가 복잡다양화 되는데 영향을 주고 있다. 따라서 기존의 뇌보호에 대한 개념전환이 필요한 시기라고 할 수 있다. 이러한 개념전환에 부응하여 뇌서지 보호장치 또한 각각의 특성을 파악하고 사용되는 위치나 용도에 맞게 시설하고 최적의 보호효과를 얻도록 하는 노력이 필요하다. 서지의 발생에서 침입하는 경로분석을 통해 보호하고자 하는 기기가 위치한 Category 특성에 맞도록 적절한 SPD를 선정해 주어야 한다. SPD의 선정에 있어서도 보다 확실한 보호동작 확보를 위해 최대연속사용전압과 일시적인 과전압, 전압보호레벨, 다른 기기들과의 보호협조,등을 충분히 검토하여 선정하고 SPD 적용절차에 따라 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 설치하는 것이 바람직하다.