

효과적인 뇌서지 보호

이재복, 장석훈, 명성호 / 한국전기연구원 전기환경송전연구그룹

서론

최근 반도체 기술의 비약적인 발전에 힘입어 전기 전자 설비 및 신호/통신 기기는 점점 집적화되고 고기능화되는 반면에 낙뢰로 인한 써지전압에 의해 소손되거나 오동작이 발생 빈도가 점차증가하는 추세이다.[1] 장비의 소손에 의한 고장 및 장애는 설비의 신뢰성을 저감시키며 정전사고로 까지 발전되어 막대한 손실을 초래할 수 있다. 따라서 낙뢰에 대한 설비운영의 안전성 확보가 절실히 요구되며 본고에서는 국내에서 발생한 낙뢰의 피해사례 및 대책에 대해 기술하였다.

본론

국내 낙뢰발생 빈도

최근 전세계적으로 발생하고 있는 기상이변에 따라 국내의 낙뢰발생 빈도도 증가하는 추세이다. LLP (Lightning Location and Protection) 시스템을 이용하여 2001년 한해동안에 국내에서 발생한 낙뢰 발생빈도 분포를 그림 1에 나타내었다.[2]

낙뢰발생 빈도를 보면 경상남도 내륙 지방에서 최대 5,000회로 높은 발생빈도를 보이며 내륙지방의 낙뢰발생 일수는 전반적으로 30~40일로 관측되고 있다. 이는 우리나라가 낙뢰 다발지역이며 이며 설비의 보호를 위해서는 적절한 대책이 필요함을 의미한다.

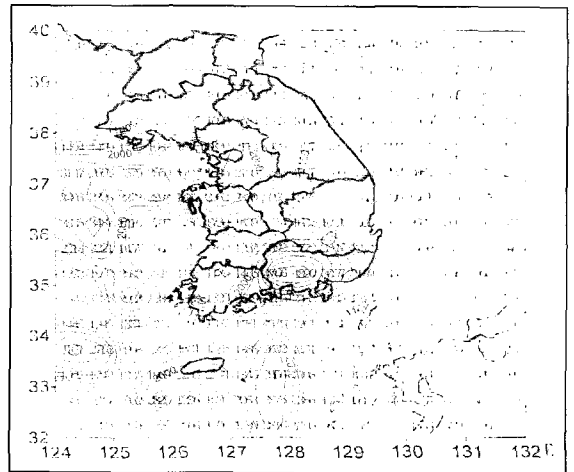


그림 1 낙뢰 발생빈도 분포 (2001년)

뇌서지의 침입경로 및 피해사례

낙뢰에 의한 뇌서지의 침입경로를 그림 2에 나타내었다.

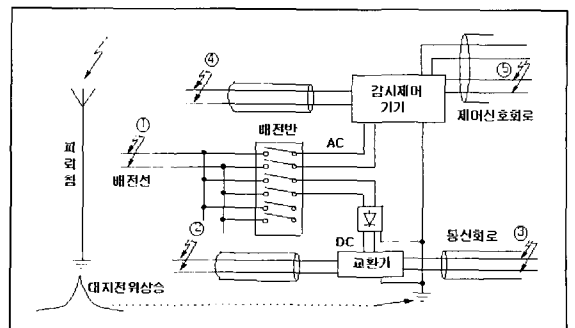


그림 2 뇌서지의 침입경로

- ① 고전압 배전선에서 침입한 써지가 정전·전자적 결합으로 수용가 변압기의 저압권선에 이행한 것.
- ② 피뢰침에 의해 유뢰된 뇌격전류가 대지로 방전시 대지전위가 상승하여 선로로 흘러들어간 것.
- ③ 주변 빌딩, 전주, 가공지선으로의 뇌의 직격, 고압측 피뢰기의 방전 등에 의한 대지의 전위상승을 제 2 종접지가 끌어들이는 것.
- ④ 저압 배전선이나 신호선의 직격뢰 또는 유도뢰 써지.
- ⑤ 다른 수용가의 TV안테나의 직격뢰 또는 유도뢰에 의해 수신기를 파괴하고 전원에 침입하여 또다시 주변의 수용가에 침입한 것.

이러한 뇌써지의 침입으로 인해 선로에는 수십 kV의 과전압이 발생하며 접속되어 있는 기기의 소손이나 오동작을 초래한다. 그림 3은 근거리에서 발생한 낙뢰로 인해 유도된 과전압 및 써지의 침입으로 설비 및 전자회로가 손상된 예이다. 또한 저압 선로에 의무적으로 설치되어 있는 누전차단기가 파손되거나 뇌써지를 누설전류로 검출하여 오동작함으로써 정전사태를 초래하는 경우도 매우 빈번히 보고되어 지고 있다.[3]

뇌써지 보호 대책

낙뢰로부터 설비의 보호를 위해 고려할 사항으로는 크게 아래와 같이 나눌수 있다.

- ① 피뢰침 및 피뢰시스템의 효율적인 설계
- ② 낮은 접지저항 확보
- ③ 써지보호기의 효과적인 설치

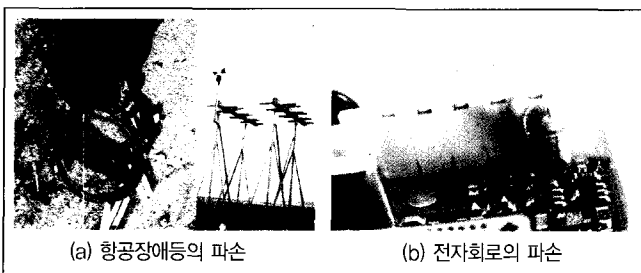


그림 3 뇌써지에 의한 피해 사례

피뢰시스템

피뢰침은 피뢰침 선단에서 발생하는 상향리더에 의해 유뢰하여 뇌격전류를 대지로 방류시킴으로써 주변 구조물로의 직격뢰 위험을 방지하는 설비이다. 기존의 피뢰침의 보호범위는 기준면 위에 있는 피뢰침이 이루는 원뿔각 내에 있는 구조물은 직격뢰로부터 보호된다는 보호각법에 의해 선정되었으나 최근에는 뇌격거리 R을 반경으로 하는 구를 돌출물(피뢰도체)에 접하게 했을 때 구내부로 노출되지 않도록 하는 회전구체법(Rolling sphere method : RSM)을 적용한 건축물의 피뢰설계가 구미 각국에서 널리 적용되고 있다.[4]

피뢰설비와 관련하여 국내외에 다수의 관련 법규가 존재하고 있으며, 대개는 건축물 또는 높이 20 m 이상의 건축물과 화약류등 위험물을 저장, 취급하는 시설물에 설치하도록 규정하고 있다. 이러한 피뢰시스템을 통해 뇌격전류를 대지로 방류시에는 대지전위상승과 더불어 주변 공작물에 미치는 전자기적 영향이 항시 뒤따르게 된다. 따라서 피뢰설비의 설계시에는 주변의 건축물이나 지형 등을 고려하여 선정하는 것이 바람직하다.

접지시스템

접지의 근본 목적은 전기적 충격으로부터 인체의 안전성 확립과 전기 전자, 통신설비를 보호하고 기능을 향상시키는 것으로 설비를 도체로 대지에 전기적으로 접속하는 것이다. 접지를 필요로 하는 설비가 많은 경우에 각각의 설비에 있어서 각각 독립접지공사를 하던가 아니면 개별 설비의접지극을 상호 접속하는 공통접지공사를 해야 하는데 이 두가지의 접지방식은 장·단점을 가지고 있다. 독립접지에서는 지락 혹은 낙뢰 등의 요인에 의해 큰 접지전류가 흐르게 되면 이로 인해 인접한 접지전극에 전위상승을 일으키는 단점을 가지고 있으며, 공통접지에서 대지표면의 전위상승이 공통으로 접지가 되어 있는 계통에 파급되어 기기에 영향을 미치는 문제점을

가지고 있다. 그러나 공통접지의 경우 접지선이 공통접속 되어 있어 등전위를 이루므로 접지도선의 전위가 상승하여도 기기의 외함과 전원과의 상대적 전위차는 보호장치의 제한전압에 상당하는 낮은 값으로 유지할 수 있다.

독립접지는 접지전극에 접지전류가 흐를 때 인접한 접지전극의 전위상승을 일으키지 않는다면 가장 이상적인 접지방식이라 볼 수 있다. 그러나 일반 건축물에서 접지 시설을 위한 공간의 제약 및 경제적인 이유 때문에 인접된 접지전극사이의 전위간섭을 완전히 배제시키는 것이 불가능한 경우가 대부분이다. 따라서 최근 IEC 등에서는 컴퓨터, 정보통신기기 및 설비가 많이 설치된 건축물의 접지는 공통접지를 권장하고 있다.

써지보호기

설비로 유입되는 뇌써지로부터 기기를 안전하게 보호하기 위해서는 기기 전단에 써지보호기의

설치가 요구된다. 써지보호기는 크게 이상전압을 제한하는 클랭핑 소자인 MOV(Metal Oxide Varistor), SPD(Surge Protection Diode), 방류형소자인 GTA(Gas Tube Arrester) 및 전류를 제한하는

블러킹소자(R, L) 들의 조합으로 구성된다. 이들 소자는 침입한 뇌써지를 피보호물의 절연내력 이하로 제한함으로써 설비를 보호하게 된다. 낙뢰는 주로 선과 대지사이에 발생하는 Common Mode 써지이므로 이들 보호기는 선간인 Normal Mode 뿐만 아니라 선과 접지간에 대해서도 보호가 이루어져야 한다.[5],[6]

최근에는 이러한 써지보호기가 설치되었음에도 불구하고 후단에 연결된 전자기기가 손상을 입는 사고가 종종 보고되고 있다. 이는 물론 써지보호기의 성능내력 이상의 강한 뇌써지의 침입에 기인하는 점도 있으나 보호기 자체의 성능 결함과 부적합한 접속방법에 의한 것이 대부분이다. 보호소자는 피보호물의 특성에 따라 적합하게 선정하여야 하며 IEEE Std. C62.41에 의하면 낙뢰에 심하게 노출되는 지역은 최대 20 kV/10 kA의 뇌써지의 발생이 보고되고 있으며, IEC 61000-4-5 등에서도 뇌써지에 대한 각종 전기/전자설비의 내성시험을 요구하고 있다. 뇌써지에 대한 설비보호를 위해서는 써지보호기의 성능평가 시험이 선행되어야 한다. 또한 보호기의 설치시 리드선의 영향을 줄이기 위해 가급적 배선을 짧게 하고 접지극에 직접 연결하는 것이 바람직하다.

성능 평가시험 설비

앞에서 언급했듯이 낙뢰로부터 각종 전기전자 기기를 보호하고 사고를 예방하기 위해서는 써지보호기 또는 피뢰침과 같은 뇌보호 설비가 요구된다. 그러나 이러한 뇌보호설비는 명확한 성능 검증 없이 현장에 적용되어 지고 있는 사례가 많다.[7] 뇌보호설비의 성능평가를 위해서는 낙뢰발생을 모의할 수 있는 시험설비시스템이 구축되어야 하며 현재 한국 전기연구원에 시설되어 있는 설비에 대해 간략하게 소개하고자 한다.

1. Surge Generator

▪ 모델명 : ECAT 522 (KeyTek 社, 미국)

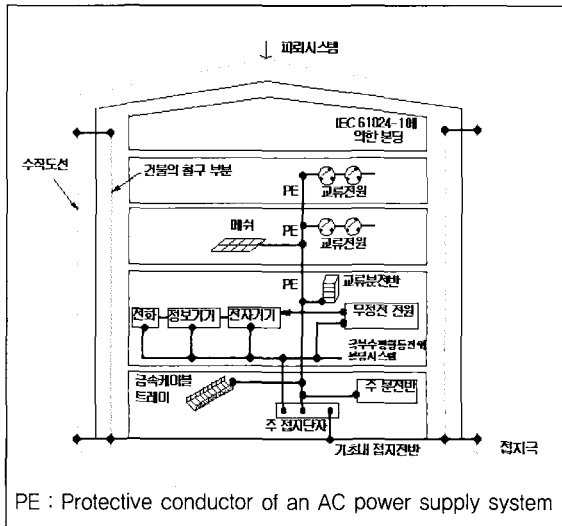


그림 4 접지모델 (IEC 60364-5-54, IEC 1000-2-5, IEC 1024)

- 발생파형 : 1.2/50 μ s 써지전압 (open circuit)
8/20 μ s 써지전류 (short circuit)
- 최대 발생 전압/전류 : 20 kV/10 kA
- 용도 : 전원 및 신호용 써지보호기 성능 시험
전자기기의 써지 내력시험, 접지계의 특성시험

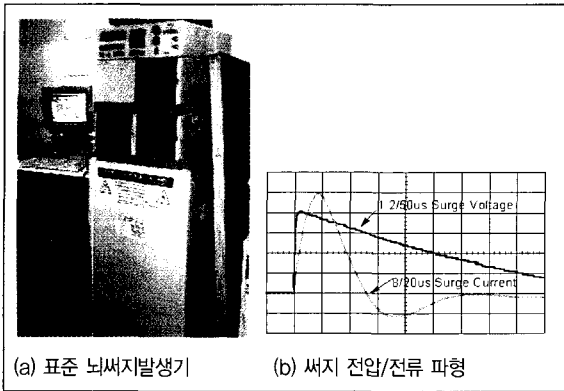


그림 5 써지발생기

2. Impulse Generator

- 제조사 : Hipotronics
- 발생파형 및 전압
1.2/50 μ s 뇌임펄스전압 : 4,000 kV
250/2500 μ s 개폐임펄스전압 : 2,300 kV
- 에너지 내량
300 kJ (15 kJ/stage \times 20단)
- 용도 : 피뢰설비 성능 평가시험
고전압 설비 절연특성 시험

결 론

낙뢰에 기인하는 뇌찌지가 교류전원이나 신호/통신선을 통하여 침입시 고압기기에 비해 상대적으로 절연내력이 매우 낮은 신호통신기기나 제어기기의 파손을 초래할 수 있으며 이로 인한 장해는 경제적으로 큰 손실을 초

래할 수 있다. 따라서 이런 설비로 유입되는 뇌찌지 및 대지전위상승을 억제하고 감쇠시킴으로써 기기를 보호하고 설비운영의 신뢰성을 높이는 것은 매우 중요한 과제이다. 사고를 미연에 방지하기 위해서는 피뢰설비의 설계, 접지계의 구성, 써지보호기의 적용 등의 요소를 복합적으로 고려하여야 하며 향후에 효과적인 보호대책 수립을 위해 접지계 해석 및 보호기법에 대한 연구가 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Dev Paul, "Low-Voltage Power System Surge Overvoltage Protection", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol.37, No.1, pp.223~229, 2001
- [2] Annual lightning report, Korea Meteorological Administration, 2001
- [3] B.H.Lee, S.C.Lee, "Analysis of Malfunction Characteristics of High Sensitivity Type Earth Leakage Circuit Breaker for 30[A] due to Lightning Impulse Voltages", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.11, No.6, pp.96-103, 1997
- [4] R. H. Lee, "Lightning Protection of Buildings", IEEE Trans. on IA, Vol.IA-15, No. 3, pp.236~240, May/June 1979.
- [5] R. B Standler, "Protection of Electronic Circuits from Overvoltage", New York: Wiley Interscience, 1989.
- [6] R. B. Standler, "Coordination of Surge Arresters and Suppressor for Use on Low-Voltage Mains", Proceedings, Zurich EMC Symposium, pp. 517-24, 1991.
- [7] Donald W. Zipse, "Lightning Protection System : Advantages and Disadvantages", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol.30, No.5, pp.1351~1361, September/October, 1994

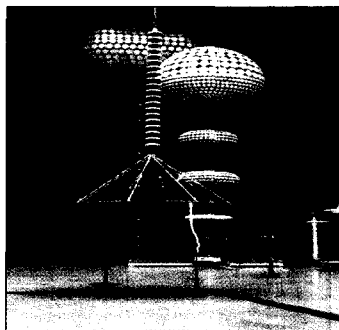


그림 6 Impulse Generator를 이용한 피뢰침의 성능평가 시험 장면