Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Vol. 16, No.5, pp. 90~96 September 2002 논문 16-5-13

정보통신설비용 뇌서지 보호장치의 효과적인 설치기법

(An Effective Installation Method of Lightning Protective Devices for Information and Communication Facilities)

이복희* · 이동문 · 강성만 · 엄주홍 · 이승칠

(Bok - Hee Lee · Dong - Moon Lee · Sung - Man Kang · Ju - Hong Eom · Seung - Chil Lee)

요 약

정보통신망 신호선로는 전원선과 더불어 가공선로로 구성되어 있어 뇌서지에 대한 노출이 심각하다. 전원선로의 접지와 통신선로 접지 상호간에 나타나는 전위차로 인하여 통신선에 접속된 전자장비는 뇌서지에 의해 쉽게 손상될 수도 있다. 본 연구에서는 뇌서지로부터 정보통신설비를 신뢰성 높게 보호하는 기법을 개발할 목적으로 실규모 회로에서 서지보호장치의 성능과 신뢰성에 대한 실증실험을 수행하였다. 전원선과 통신선을 통하여 입사한 뇌서지에 대한 서지보호장치의 동작특성과 보호장치의 설치방법이 뇌서지 보호효과에 미치는 협조특성을 평가하였다. 그 결과 정보통신설비용 뇌서지 보호장치를 바이패스 어레스터를 이용한 공통접지법으로 설치하는 것이 매우 효과적임을 확인하였다.

Abstract

The AC power lines and signal lines of info-communication networks are routed on overhead poles and are exposed to lightning strikes. Due to the potential difference between groundings of the AC power lines and telecommunication lines, the electronic equipments connected to the telecommunication lines can easily be damaged by lightning surges. In this work, in order to develop the reliable ways to protect information and communication facilities from lightning surges, the reliability and performance of surge protective devices were experimentally investigated in actual-sized test circuit. The operation behaviors of surge protective devices against lightning surges from the AC power lines and telecommunication lines and the coordination effects of SPD installation method were evaluated. As a consequence, it was confirmed that the bypass arrester and common grounding system is very effective.

Key Words : Lightning protection system, Lightning surges, Information and communication facilities, Surge protective device, Bypass arrester method, Common grounding

* 주저자 : 인하대학교 전자전기공학부 교수
Tel : 032-860-7398, Fax : 032-863-5822
E-mail : bhlee@inha.ac.kr
접수일자 : 2002년 8월 6일
1차심사 : 2002년 8월 12일
심사완료 : 2002년 8월 30일

1. 서 론

산업, 경제, 금융, 행정 등 사회시스템 전분야에서

정보통신설비를 비롯하여 컴퓨터, 전자회로 주변 장치가 중요한 역할을 담당하고 있다. 전원 계통과 정보통신망, 신호/제어회로망을 이루는 선로는 뇌서지에 대한 노출이 심각하며, 피해가 발생할 확률도 매우 높다. 게다가 정보통신설비는 뇌서지에 대한 내력이 매우 취약하므로 장비나 시스템의 전도(upset), 데이터 전송 오류, 장비의 열화, 통신 두절 및 에러 등의 장애를 일으켜 전체 시스템에 치명적인 결과를 초래할 수 있다. 즉, 현대 고도 정보화 사회에서는 전력이나 통신과 같은 인프라 설비에 대한 뇌서지에 의한 피해가 산업과 경제, 의료, 통신 등 전 분야에 걸쳐 심각한 영향을 미치게 된다. 따라서 낙뢰에 따른 정보통신설비의 서비스의 중단과 그에 따른 막대한 경제적 손실을 예방하고 보다 안정적인 작동을 위하여 정확하고 정밀한 뇌서지보호에 대한 대책이 요구된다[1, 2].

지금까지는 뇌서지로부터 전자설비를 보호하고, 과도이상전압에 의한 사고를 방지하기 위하여 스파크갭, 금속산화물 바리스터, 사태다이오드 등이 주로 사용되고 있다. 정보통신용 전자기기에 대한 최적의 뇌해대책은 21세기의 고도정보화 사회를 지탱하는 중요한 기술과제이며, 지금까지는 거의 검토되지 않은 새로운 문제점도 있다[2]. 전자기기 자체에 비선형 소자를 설치하는 것이 오늘날까지의 보편화된 뇌서지에 대한 보호대책이었다.

미국과 유럽에서는 전원공급을 위한 저압회로에 대한 뇌보호 지침은 상당한 수준까지 검토되었지만 급속하게 발달한 전자회로의 뇌서지보호에 대해서는 아직도 미흡한 상태이다. 즉, 정보통신용 전자기기의 뇌서지에 대한 시스템적 보호기술은 취약한 실정이다. 또한 전기방식과 전자통신설비의 뇌서지 보호에 관련된 규정들이 나라마다 다르기 때문에 우리나라의 여건과 실정에 적합한 뇌서지 보호대책 기술의 개념정리가 필요한 시기이다.

따라서 본 연구에서는 초소형 전자기기의 뇌서지에 대한 효과적인 시스템적 보호대책에 대한 기본기술의 확립을 목적으로 접지극간의 유도전위 간섭을 고려한 보호장치의 설치기법이 뇌서지 억제효과에 미치는 협조특성을 실증실험을 통해 검토하고 정보통신설비에 대한 뇌서지 보호소자의 효과적인 설치기법을 제안하였다.

2. 접지전극간의 유도전위

뇌서지 보호장치에 뇌서지전류가 유입하게 되면 접지전극은 물론이고 접지전극 주변의 대지표면의 전위가 상승하게 되어 동일한 접지시스템으로 구성된 정보통신기기에 악영향을 미치게 된다. 즉, 전자회로의 절연파괴, 오동작이나 파손을 일으켜 정보통신설비의 성능을 저하시키게 된다. 정보통신설비의 접지방식에는 크게 독립접지와 공통접지로 나눌 수 있다. 공통접지의 경우 접지전극이 병렬로 접속되면 독립접지에 비하여 합성저항이 낮아지고 접지전극 중 하나가 불능이 되어도 다른 접지전극으로 보완할 수 있어 접지의 신뢰도가 향상되는 장점을 가지고 있다. 그러나 접지를 공용하고 있는 보호장치 중 어떤 보호장치에 뇌서지전류가 유입하게 되면 접지점의 임피던스에 의해 전위가 상승하여 접지를 공용하고 있는 모든 정보통신설비에 파급되는 단점을 가지고 있어 공통접지의 효용성과 문제점을 고려한 적용이 필요하다.

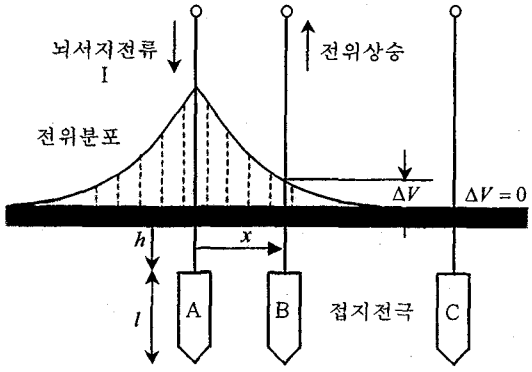


그림 1. 접지전극간의 유도전위 간섭
Fig. 1. Interference of an induced potential between grounding electrodes

그림 1에서와 같이 A접지전극에 뇌서지전류가 유입되었을 때 C접지전극에서와 같이 유도전위상승을 전혀 일으키지 않는 것이 가장 바람직하지만 이와 같은 이상적인 독립접지를 얻기 위해서는 2개의 접지전극을 충분히 이격시켜야 한다. 그러나 도심지 또는 대형 건물에서는 현실적으로 시공상의 어려움 때문에 근접시공을 하게 되는데 B접지전극처럼 일정한 범위

에 들어가면 식1과 같이 ΔV 만큼의 전위상승이 일어나게 되어 서로 완전히 독립되었다고 볼 수 없다. 따라서 뇌서지보호장치를 시설할 때 접지극간의 유도전위 간섭을 충분히 고려하여 설계하고 시공하여야 한다[3, 4].

$$\Delta V = \frac{\rho l}{2\pi l} \ln \frac{l+h+\sqrt{(l+h)^2+x^2}}{h+\sqrt{h^2+x^2}} \ [V] \qquad (1)$$

뇌서지가 입사하게 되면 전원용 뇌서지보호기와 통신용 보안기가 독립접지를 할 경우 근접 시설하게 되므로 이들 상호간에 전위간섭을 유발하게 된다. 즉, 전원선측으로 뇌서지가 입사하였을 때 전원용 뇌서지 보호장치의 접지전위상승이 통신용 보안기의 접지측으로 영향을 미치게 되고, 통신선측으로 뇌서지가 입사했을 경우에는 보안기의 접지전위상승으로 전원용 뇌서지 보호장치의 접지측에 전위상승을 유발하게 되어 AC전원선의 접지측과 가입자 기기 보호장치의 접지사이에 전위차가 발생하면 기기의 절연을 파괴하는 고장을 일으키게 된다. 따라서 접지극간의 유도전위 간섭을 고려한 보호장치의 설치기법과 이들 보호기기들 사이의 협조특성이 고려되어져야 한다[5~7].

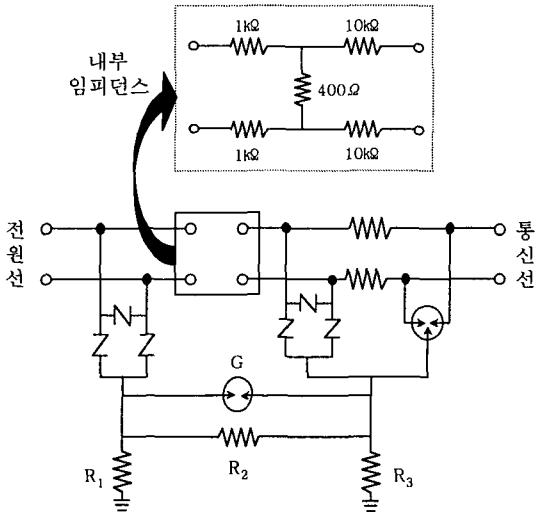


그림 2. 전원선 및 통신선 보호용 서지보호기의 설치방법
Fig. 2. Installation methods of SPDs for power lines and communication lines.

3. 실험장치 및 방법

전원용 서지보호기와 통신용 보안기의 접지방식은 독립접지법, 바이패스 어레스터법, 공통접지법으로 나눌 수 있다. 이들 접지방식에 따른 양측의 서지보호기의 협조특성을 평가하기 위한 측정계를 그림 2와 같이 구성하였다.

그림 2에서 R_1은 전원선용 서지보호기(surge protective device : SPD)의 접지저항이고, R_3는 통신선용 보안기의 접지저항을 나타낸다. 이들 접지저항치는 10[Ω]으로 일정하게 유지하였고, 접지전극이 근접 시설되어 있을 때의 상호전위간섭 영향을 평가하기 위해 임의의 저항 R_2를 조절하여 유도전위 상승이 0, 35, 50, 100[%]인 경우를 모의하였다. 이때 독립접지는 R_2와 G를 생략한 경우이고, 공통접지는 G를 생략하고 R_2의 값을 0으로 한 경우이다. 그리고 바이패스 어레스터법의 경우는 R_2를 생략하고 G 단독을 설치할 때이다.

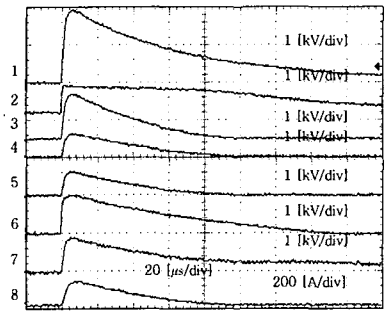
여기서 상호유도전위 상승이 0[%]는 두 접지전극의 시설거리가 충분히 이격되어 상호 전위간섭을 일으키지 않은 경우이고, 100[%]는 공통접지인 경우를 나타낸다. 본 연구에서는 전원측 입력 임피던스가 약 2.4[kΩ]이고 통신선측 입력 임피던스가 약 20.4[kΩ]인 사무용 FAX기와 같이 내부임피던스를 가지는 경우와 내부임피던스가 무한대인 경우를 고려하였다. 그리고 전원용 서지보호기는 제한전압이 700[V]인 ZnO 바리스터를 사용하였고, 통신용 보안기는 제한전압이 400[V]인 ZnO 바리스터와 동작개시전압이 700[V]인 스파크갭을 사용하였다. 뇌서지의 인가는 최대 10[kV] 뇌서지전압과 10[kA]의 뇌서지전류를 발생시킬 수 있는 조합형 임펄스발생장치를 이용하여 전원선과 대지사이, 통신선과 대지사이에 공통모드로 인가하였고 통신선과 전원선 사이의 선로간 전압 및 통신선-대지, 전원선-대지 사이의 전압, 즉, 다른 선로로의 이행전압을 측정하였다[8].

4. 결과 및 고찰

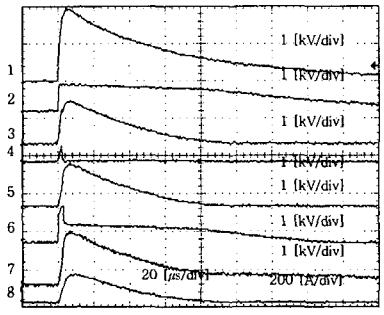
4.1 전원선으로 뇌서지가 입사한 경우

전원선을 통하여 뇌서지가 입사할 때 통신용보안

기의 접지전위상승(R_3)이 전원용 서지보호기의 접지 전위상승(R_1)의 50[%]인 경우에 회로 각 부분에서의 전압과 전류 파형을 그림 3에 나타내었다. 그림 3(a)의 4와 같이 전원선용 SPD가 동작하여 두 접지전극의 전위차가 바이패스 어레스터(G)의 동작개시전압 이상이 되면 그림 3(b)의 4와 같이 동작하게 되어 선로간 전압(6)은 낮아지고 통신선전압 (7)은 높아지는 것을 알 수 있다.



(a) 독립접지법



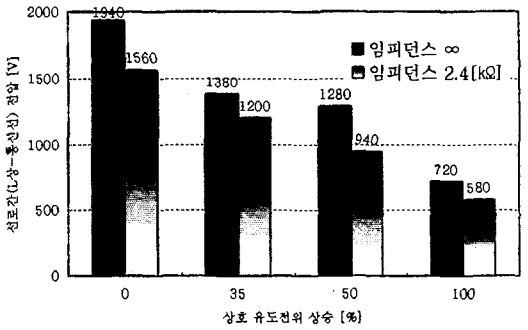
(b) 바이패스 어레스터법

1:전원선측 인가전압 2:전원용 바리스터 제한전압
3:R_1의 전위상승 4:R_2의 전위상승
5:R_3의 전위상승 6:선로간전압(전원선-통신선)
7:통신선전압(통신선-대지) 8:인가전류

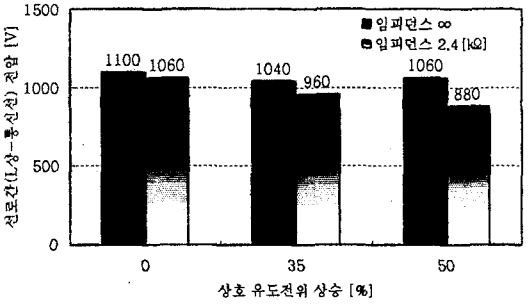
그림 3. 전원선측을 통하여 입사한 뇌서지에 의한 전압과 전류의 파형

Fig. 3. Waveforms of the voltages and currents due to the lightning surge from the AC power lines.

전원선측으로부터 뇌서지가 입사한 경우에 접지의 유도전위 상승률에 따른 전원선과 통신선 사이에 나타나는 선로간전압을 그림 4에 나타내었다. 그림 4(a)의 독립접지에서 선로간 전압은 유도전위가 전혀 영향을 미치지 않는 유도전위상승이 0[%]의 경우가 가장 높게 나타났고, 유도전위상승이 100[%]인 공통접지인 경우가 가장 낮게 나타났다. 이에 반해 그림 4(b)의 바이패스 어레스터법의 경우에서는 유도전위 상승의 변화에 따라 선로간 전압 및 통신선전압이 거의 일정한 값을 보이고 있다. 이는 전원측에 서지가 침입하였을 때 그림 2에서 전원용 뇌서지보호기의 접지 R_1에 의한 전위상승과 통신용 보안기 접지 R_3 사이에 전위차가 스파크갭의 동작개시전압 이상이 되면 스파크갭이 동작하여 이 두 접지전극 사이에 공통접지의 효과로 유도전위 상승의 변화에 따라 큰 차이를 보이지 않고 유사한 값을 나타낸 것으로 보인다.



(a) 독립접지법

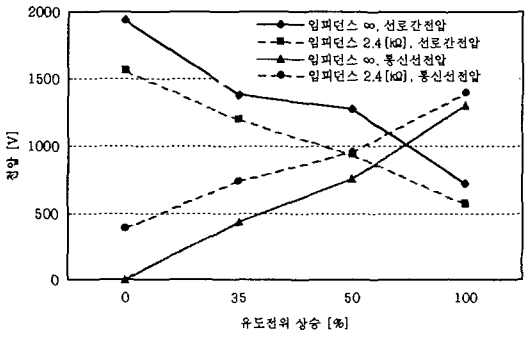


(b) 바이패스 어레스터법

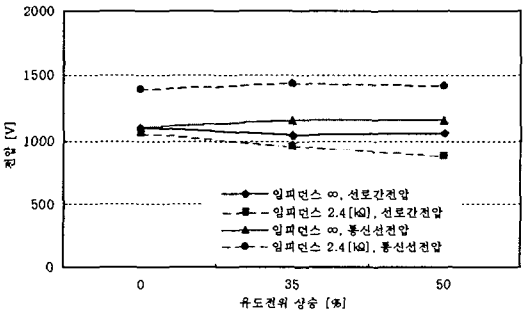
그림 4. 전원선측에 뇌서지가 입사한 때 선로간(L상-통신선) 전압

Fig. 4. Power line voltages to the communication lines due to the lightning surge from the AC power lines.

그림 5에 전원선측으로부터 뇌서지가 입사한 경우에 접지의 유도전위상승에 따른 전원선과 통신선 사이에 나타나는 선로간 전압 및 통신선과 접지간에 나타나는 전압을 비교하여 나타내었다. 그림 5(a)의 독립접지에서 통신선과 접지간에 나타나는 전압 즉, 전원선으로부터 통신선로로의 이행전압은 선로간 전압과는 반대로 유도전위가 전혀 영향을 미치지 않는 유도전위상승이 0[%]의 경우가 가장 낮게 나타났고, 유도전위상승이 100[%]인 공통접지인 경우가 가장 크게 나타났다. 그리고 통신기기의 내부임피던스가 존재하면 서지전류가 내부 임피던스를 통해 흐르기 때문에 내부임피던스가 ∞인 경우보다 선로간 전압이 약간 낮게 나타났고 통신선과 접지간의 전압은 ∞인 경우보다 약간 높게 나타났다.



(a) 독립접지법



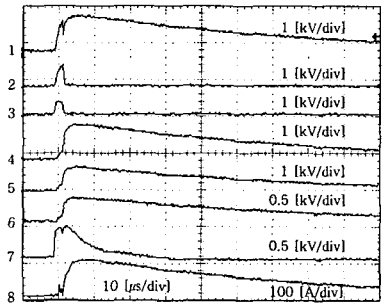
(b) 바이패스 어레스터법

그림 5. 전원선측에 뇌서지가 입사한 때 접지방식에 따른 통신기기의 전압

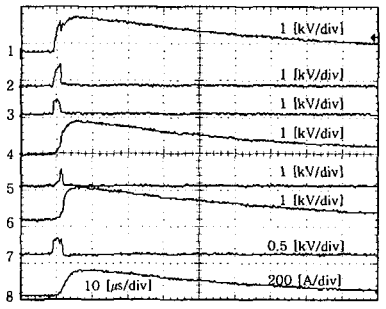
Fig. 5. Voltages of communication devices according to the grounding methods when the lightning surges are invaded from the AC power line

4.2 통신선으로 뇌서지가 입사한 경우

통신선측으로 뇌서지가 입사하여 전원용 서지보호기의 접지전위상승(R_1)이 통신용 보안기의 접지전위상승(R_3)의 35[%]인 경우의 전압과 전류 파형을 그림 6에 나타내었다. 그림 6에서 2와 3은 통신용 보안기의 스파크갭과 바리스터의 제한전압의 파형을 나타낸다.



(a) 독립접지법



(b) 바이패스 어레스터법

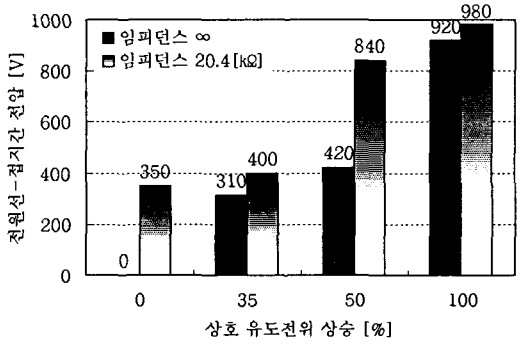
1:통신선측 인가전압　　2:보안기 스파크갭 전압
3:보안기 바리스터 전압　　4:R_3의 접지전위상승
5:R_2의 전위상승　　6:R_1의 접지전위상승
7:선로간전압(통신선-전원선)　　8:인가전류

그림 6. 통신선측으로 뇌서지가 입사한 경우 전압과 전류의 파형

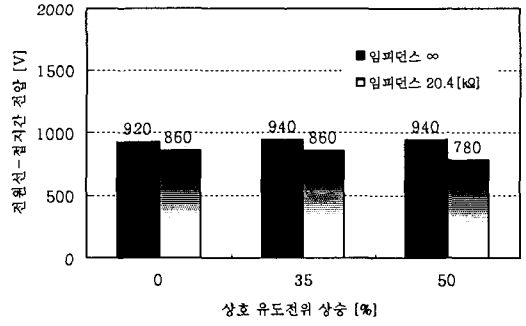
Fig. 6. Waveforms of the voltage and current due to the lightning surge from the communication lines.

통신선측으로부터 뇌서지가 입사한 경우에 접지의 유도전위상승에 따른 전원선과 접지간에 나타나는 전압을 그림 7에 나타내었다. 그림 7(a)의 독립접지에서 전원선과 접지간 전압 즉, 통신선으로부터 전원선

으로의 이행전압은 유도전위상승이 0[%]의 경우가 가장 높게 낮고, 100[%]인 공통접지인 경우가 가장 크게 나타났다. 그러나 그림 7(b)의 바이패스 어레스터법의 경우에서는 유도전위상승의 변화에 따른 영향이 거의 없는 것으로 나타났다.



(a) 독립접지법

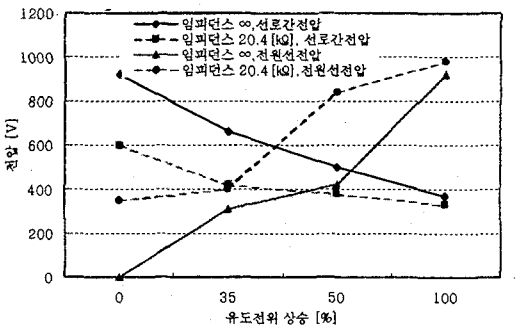


(b) 바이패스 어레스터법

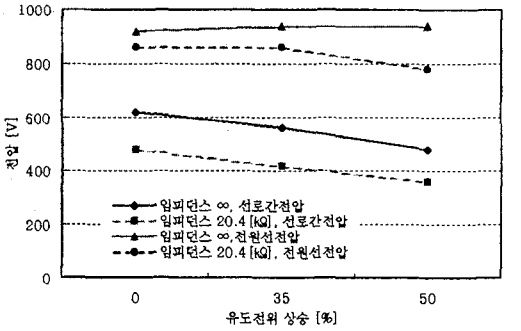
그림 7. 통신선측으로 뇌서지가 입사한 때 전원선-접지간 전압

Fig. 7. Power line voltages to the ground when the lightning surges are invaded from the communication lines.

그림 8에 통신선과 전원선간의 전압 및 전원선과 대지사이의 전압을 비교하여 나타내었다. 그림 5의 전원선측으로 뇌서지가 입사한 경우와 비교해서 독립접지법에서는 선로간 전압과 전원선 전압의 크기는 다소 차이가 있으나 유도전위상승의 변화에 따른 이들 전압의 증감은 비슷한 경향을 나타냈다. 이들 전압크기의 차이는 통신용 보안기와 전원용 보호장치



(a) 독립접지법



(b) 바이패스 어레스터법

그림 8. 통신선측에 뇌서지가 입사한 때 접지방식에 따른 통신기기의 전압

Fig. 8. Voltages of the communication devices according to the grounding methods when the lightning surges are invaded from the communication lines

의 동작개시전압의 차이에 기인한 것으로 보인다. 그리고 바이패스 어레스터법에서 두 가지 임피던스를 가지는 통신기기의 각각의 선로간 전압 및 배전선전압은 유도전위 상승에 따라서는 거의 일정한 값을 나타내고 있으나, 그림 5(b)의 전원선으로 뇌서지가 입사한 경우의 전압분포와 달리 그림 8(b)의 선로간 전압이 전원선 전압에 비해 낮게 나타났다. 이는 전원선용 바리스터와 통신선용 바리스터의 동작개시전압의 차이에 기인한 것으로 사료된다.

5. 결 론

본 논문에서는 뇌서지가 정보통신설비에 침입하였

을 때 침입경로와 뇌서지보호장치의 접지방법이 보호효과에 미치는 협조특성에 대한 연구를 수행한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 전원선과 통신선의 뇌서지보호장치를 공통접지방식으로 시설한 경우 전원선과 통신선 사이의 선로간 전압이 가장 낮게 나타났다.

(2) 전원선 및 통신선과 대지간의 전압 즉, 다른 선로로의 뇌서지전압 이행을 억제하는 측면에서는 공통접지보다 가급적 접지극 간의 유도전위간섭이 작은 독립접지가 유효하다.

(3) 뇌서지보호장치를 독립접지하면 차동모드의 뇌서지는 차단되었으나 공통모드의 뇌서지전압의 제한은 미흡하며 공통모드 뇌서지 전압에 대한 보호를 위해서는 공통접지가 효과적이었다.

(4) 전원선과 통신선을 모두 포함하는 정보통신기기의 뇌서지보호장치의 설치방법으로는 바이패스 어레스터를 이용한 공통접지방식이 가장 우수함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단(과제번호 : 2001-1-30200-015-1호)의 지원으로 수행되었음.

Reference

[1] Lightning protection countermeasure committee, "Lightning and highly information-oriented society", IEEJ, pp.132~166, 1999.

[2] R. B. Standler, "Protection of Electronic Circuits from Overvoltages", John Wiley & Sons, Inc., pp.55~77, 1989.

[3] Takahasi, "接地 システム入門", オーム社, pp.37~54, 2001.

[4] 이복희, 이승칠, "접지의 핵심 기초 기술". 도서출판 의제. pp. 65~104, 1999.

[5] K. Nakada, S. Shimada, N. Itamoto, H. Sugimoto, H. Arai & Asakawa, "Lightning Protection Methods for customer's Facility Using Common Grounding Wire", 電氣學會電力・エネルギー部門大會,電氣設備學會, pp.417~423, 2001.

[6] K. Nakada, H. Sugimoto, S. Shimada, Y. Asaoka & A. Asakawa, "Countermeasures for controlling lightning-caused overvoltage on indoor wiring with communication line", 電氣學會電力・エネルギー部門大會,電氣設備學會, pp.7~13, 2001.

[7] T. Otsuka, K. Maezaki, "Experimental study of lightning surge current condition of low-voltage distribution line and house wires.", 電氣學會電力・エネルギー部門大會, 電氣設備學會, pp.21~27, 2000.

[8] 이복희, "高電壓 大電流工學", 청문각, pp. 150~186, 1993.

◇저자소개◇

이 복 희(李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~89년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 공대 전자전기컴퓨터공학부 교수. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, E-mail : bhlee@inha.ac.kr

이 동 문(李東汶)

1958년 4월 20일생. 1987년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, E-mail : lidm7@hanmail.net

강 성 만(姜成萬)

1973년 4월 6일생. 1998년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, E-mail : webmaster@smilepia.com

엄 주 홍(嚴柱弘)

1972년 9월 5일생. 1998년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, E-mail : g2001100@inhavision.inha.ac.kr

이 승 칠(李承七)

1943년 4월 1일생. 1971년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1997년 2월 서울산업대 산업대학원 안전공학과 졸업(석사). 2002년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한진중공업주식회사 상무. E-mail : sclee@hjcnst.co.kr