

SPD의 설치조건이 보호효과에 미치는 영향

(Protection Effects Associated with the Conditions for the Installations of SPDs)

이복희* · 이동문 · 이승철

(Bok-Hee Lee · Dong-Moon Lee · Seung-Chil Lee)

요 약

이 논문은 서지보호기의 설치조건에 따른 보호효과에 대하여 기술하였으며, 뇌서지로부터 정보통신설비를 효과적으로 보호하는 설치기법을 제안하기 위해 서지보호기의 보호효과에 미치는 설치위치, 분기회로의 길이, 배선방법, 전선관 재료의 영향에 대해서 실규모 조건에서의 실험을 수행하였다. 그 결과, 보호하고자 하는 각각의 전자기기의 입력단에 서지보호기를 설치하는 것이 효과적이며, 선간에 서지보호기를 설치할 때는 접속선의 길이가 최소가 되도록 하는 배선방법이 효과적이다.

Abstract

This paper presents the protection effect of surge protective devices (SPDs) according to the conditions of installations. To propose the effective protection measures of information and communication equipments against lightning surges, actual-sized experiments in relation to the protection effects on the positions of installations of SPDs, the length of branch circuit, the wiring methods, and the materials of conduit, were conducted. The effective method of protecting information and communication equipments from lightning surges is to install SPDs in the vicinity of input terminals of each electronic equipments to be protected. The wiring method of connecting an SPD minimizing the length of leads is desirable when point-to-point wiring is to be used.

Key Words : Lightning surges, Surge protective device (SPD), Installation of SPD, Surge simulator

1. 서 론

오늘날의 현대사회가 고도정보화, 컴퓨터화 됨에 따라 정보통신망이 중요한 사회시스템으로 대두되었으며, 전력의 안정적 공급과 정보통신망의 질적

수준 확보에 대한 사회적 요구가 매우 높아지고 있는 것이 오늘날의 현실이다. 정보통신설비들은 AC 전원선과 더불어 통신선을 포함하는 신호선에 접속되어 있으며, 뇌서지의 침입에 대한 위협에 노출되어 있다.

다양한 경로를 통해 입사하는 뇌서지에 대해 전자기기를 보호하기 위해서 방전갭, ZnO바리스터 등으로 이루어진 서지보호기 (surge protective devices : SPDs)를 설치하지만 그 설치하는 방법이 적절치 못

* 주저자 : 인하대학교 전자전기공학부 교수
Tel : 032-860-7398, Fax : 032-863-5822
E-mail : bhlee@inha.ac.kr
접수일자 : 2005년 12월 12일
1차심사 : 2005년 12월 13일
심사완료 : 2005년 12월 26일

하여 효과적이지 못할 경우가 많다[1-5].

특히 뇌서지는 빠른 상승시간을 가지며, 진행파로 작용하기 때문에 소자 자체의 특성보다도 SPD의 배선, 배치, 설치하는 위치 등 설치하는 조건에 따라 서지를 차단하는 성능이 변화하게 된다. 그러나 실제의 현장에서는 SPD자체의 성능만을 고려하고, 설치 기법에 따라 SPD의 효능이 크게 저하되는 것에 대해서는 크게 관심을 가지지 않는 경우가 많다.

따라서 서지보호기가 그 효과를 충분히 발휘하기 위해서는 SPD의 설치위치, 배선의 길이, 전선관 재료의 특성 등과 관련이 있으며, 이에 대한 구체적인 실증적 연구가 필요하다. 본 논문에서는 SPD를 설치하는 조건이 뇌서지에 대한 보호효과에 미치는 영향을 검토하여 효과적으로 SPD를 설치하는 기법을 제안하기 위하여 조합형 임펄스전압/전류발생장치를 이용하여 정보통신설비의 전원선에 뇌서지가 입사하였을 때를 모의하여 실규모 실험을 수행하고, 이에 대한 결과를 검토·분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

옥내배선을 모의하기 위해서 저압 분전반을 시설하고, 4개의 분기회로의 실험회로를 그림 1과 같이 구성하였다. 각 분기회로는 22[mm] 전선관 내에 2.0[mm] 전선을 인입하여 20[m] 길이의 배선을 시설하고 5, 10, 15, 20[m] 길이마다 콘센트를 설치하여 배선의 길이에 따른 뇌서지의 침입양상과 SPD의 보호효과를 평가할 수 있도록 설치하였다. 그리고 전선관의 재료는 금속관과 PVC관으로 구분하여 시설하였다. 주 차단기의 뒷단과 통신기기 앞단에는 동작개시전압이 750[V]인 전원용 SPD를 각각 설치하였다.

본 연구에서는 IEC 60664/IEEE C 62.41 서지시험에 요구되는 시험 전압과 전류 파형으로 1.2/50[μs] 임펄스전압과 8/20[μs] 임펄스전류를 발생시킬 수 있는 조합형 임펄스전압 및 전류발생장치를 제작하여 적용하였다. 1.2/50[μs]의 임펄스전압을 피보호기기의 입력단에 인가하여 절연파괴 또는 SPD가 동작하게 되면 이 때 흐르는 임펄스전류는 8/20[μs]의 파형으로 된다. 즉 뇌서지전압이 입사하여 전자기기의

절연이 파괴되거나 SPD가 동작하게 되면 뇌서지전류로 변환됨으로써 실제의 뇌서지의 침입에 대한 매우 흡사한 조건에서의 평가가 가능하다. 피보호기기의 앞단에 설치한 SPD의 설치방식에 따라 피보호기기의 입력단에 나타나는 제한전압을 측정하였다. SPD로서는 ZnO바리스터를 사용하고, 임펄스전압 및 전류의 측정에는 고전압 프로브와 대전류 측정용 전류프로브를 각각 이용하여 디지털 오실로스코프를 통해 데이터를 취득하였다.

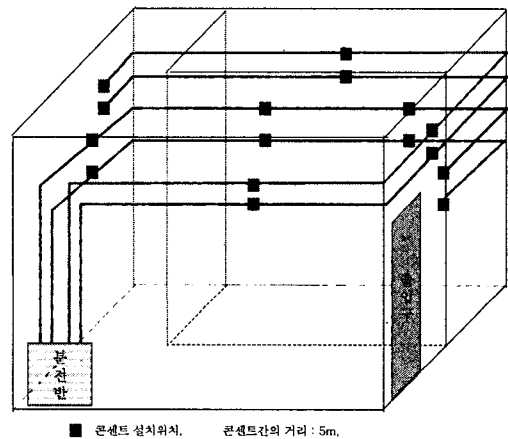


그림 1. 실험용 전원선의 설치
Fig. 1. Installation of power lines for test

3. 결과 및 고찰

3.1 SPD의 설치 위치에 따른 보호효과

전원선의 한 상에 뇌서지가 입사되었을 때 통신기기 앞단에 SPD가 설치되어 있는 경우와 SPD가 분전반에 설치된 경우에 대해서 통신기기의 선로간(전원선-통신선)전압을 그림 2의 회로를 이용하여 측정하였다.

SPD가 분전반에 설치된 경우와 통신기기 앞단에 설치된 경우 모두 접지저항은 10[Ω]으로 하였다. 인입단자에 뇌서지전압을 인가하고, 분전반에 설치되어 있는 전원용 SPD를 통해 흐르는 방전전류와 전원선을 통해 통신기기로 침투하는 전류를 측정하였다. 동시에 인가전압 및 통신기기의 대지전압(전원선-대지)을 측정하였다. 전원선을 통하여 뇌서지가 침입한 경우 SPD의 설치위치 즉, SPD를 설치하지

SPD의 설치조건이 보호효과에 미치는 영향

않은 경우와 분전반, 통신기기의 앞단, 분전반과 통신기기의 앞단에 설치한 경우 전원선과 통신선사이의 전압 및 전원선의 대지전압의 측정 결과를 그림 3~그림 5에 나타내었다.

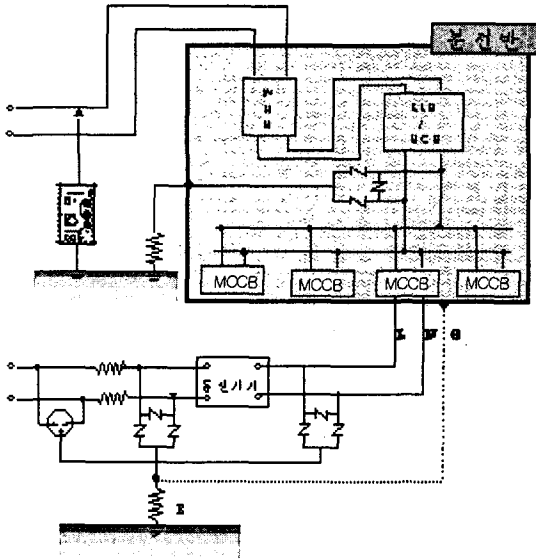
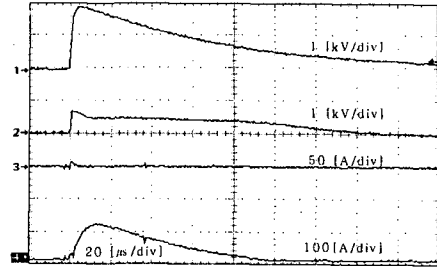
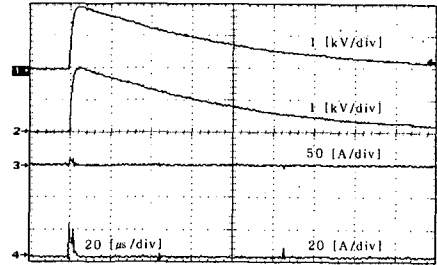


그림 2. SPD의 설치위치의 영향을 평가하기 위한 실험회로
Fig. 2. Experimental circuit for evaluating the effect of positions of the installations of SPDs



(c) 통신기기 앞단

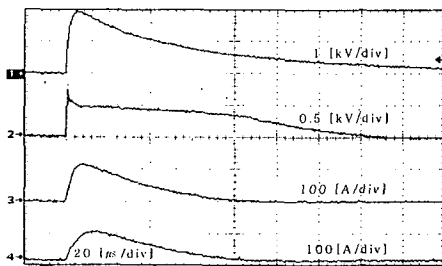


(d) 미설치

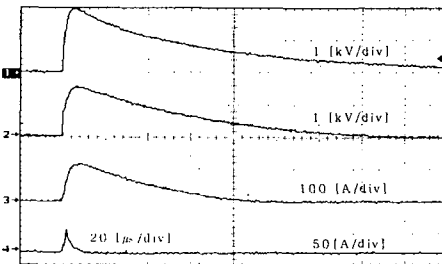
- 1 : 인가전압
- 2 : 전원선-통신선 전압
- 3 : 분전반 SPD 접지전류
- 4 : 통신기기 SPD 접지전류

그림 3. SPD의 설치위치에 따른 시험 전압과 전류의 파형
Fig. 3. Waveforms of test voltages and currents according to the positions of the installations of SPDs

전원선을 통하여 입사한 뇌서지가 통신선으로 이행되는 전압은 통신기기 앞단에 SPD를 설치하는 경우가 낮았으며, 전원선의 대지전압은 SPD의 설치위치에 크게 영향을 받지 않았다. SPD를 전원공급용 분전반과 통신기기의 앞단에 설치한 경우가 보호효과가 가장 양호하였다.



(a) 분전반 & 통신기기 앞단



(b) 분전반

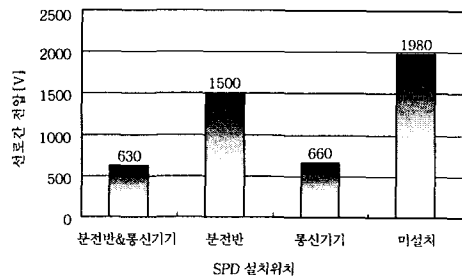


그림 4. 전원선-통신선 사이의 전압
Fig. 4. Voltages between the power lines and communication lines

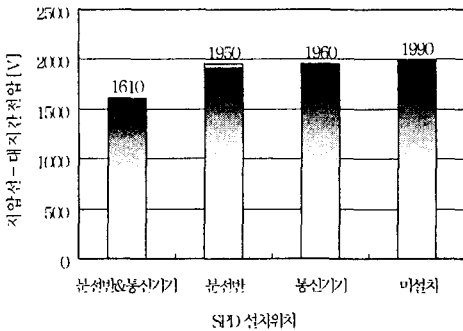


그림 5. 전원선의 대지전압
Fig. 5. Power line voltages to the ground

3.2 분기회로 길이의 영향

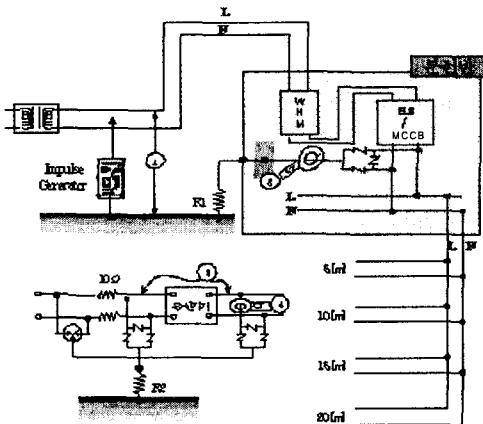
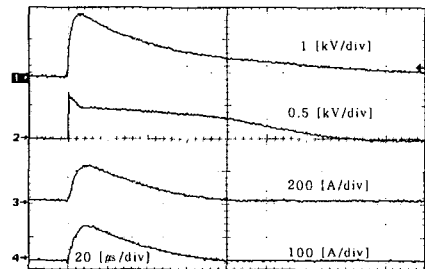


그림 6. 분기회로 길이에 따른 SPD 보호효과에 미치는 영향을 분석하기 위한 실험 회로도
Fig. 6. Experimental circuit for analyzing the effect of the length of branch circuit on the protection performance of SPDs

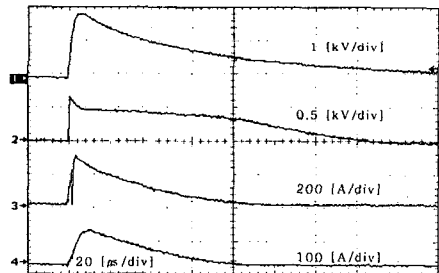
뇌서지가 전원선을 통하여 입사한 경우 분기회로의 길이에 따라 통신기기에 나타나는 뇌서지의 영향을 평가하기 위한 실험계의 개략도를 그림 6에 나타내었다. 일반 수용가에서 분전반으로부터의 콘센트까지의 거리가 가까울 경우 5[m]이내인 경우도 있지만 20[m]이상의 거리인 경우도 있다. 따라서 SPD가 설치되어 있는 분전반으로부터 정보통신기기를 사용하는 콘센트까지의 거리가 5, 10, 15, 20[m] 떨어진 위치에 콘센트를 각각 설치하고 분전반과 통신기기 앞단에 SPD를 개별적으로 접지하고, SPD의 접지저

항을 변화시키면서 부하측으로 침투하는 뇌서지전압 및 전류를 측정하고 평가하였다.

분전반과 통신기기 앞단에 모두 SPD가 독립적으로 접지되어 있는 경우 뇌임펄스전압 및 뇌임펄스전류의 파형의 예를 그림 7에 나타내었다. 그리고 전원선에 뇌서지가 입사하였을 때 옥내배선으로 침투하는 전류의 정도를 분석하였다.



(a) 접지저항 5(Ω)



(b) 접지저항 50(Ω)

- 1 : 인가전압 2 : 통신기기의 제한전압
- 3 : 분전반에 설치된 SPD에 흐르는 전류
- 4 : 통신기기 앞단에 설치된 SPD에 흐르는 전류

그림 7. SPD의 접지저항에 따른 제한전압전류 파형
Fig. 7. Waveforms of limited voltage and current according to the grounding resistance of SPDs

분전반과 통신기기 앞단에 SPD가 설치되어 있는 경우 입사전류에 대한 통신기기 앞단에 설치되어 있는 SPD를 통해 흐르는 뇌서지전류의 비율을 그림 8에 나타내었다. 분전반 SPD의 접지저항이 커질수록 옥내배선, 즉 통신기기로의 이행되는 전류의 비가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 그리고 분기회로의 거리가 5[m]일 때보다 20[m]일 경우에 서지전류의 유입이 약간 낮게 나타나는 것을 볼 수 있는데 이는 분기회로의 길이가 길어질수록 분기회로 자체의 인

SPD의 설치조건이 보호효과에 미치는 영향

덕턴스와 저항이 커지게 되므로 뇌서지전류에 대해서는 무시할 수 없을 정도가 되어 뇌서지전류에 대한 임피던스가 크게 작용한 것으로 생각된다.

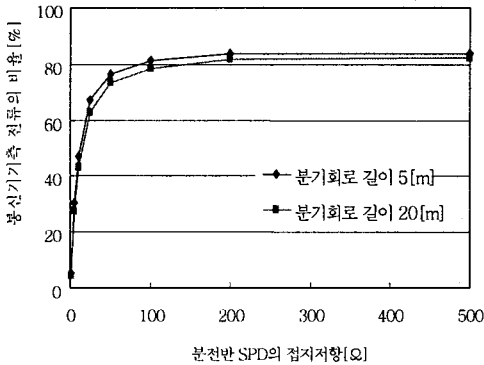


그림 8. 분기회로의 길이에 따른 뇌임펄스전류의 이행률
Fig. 8. Ratios of the transferred current to the incident impulse current according to the length of branch circuit

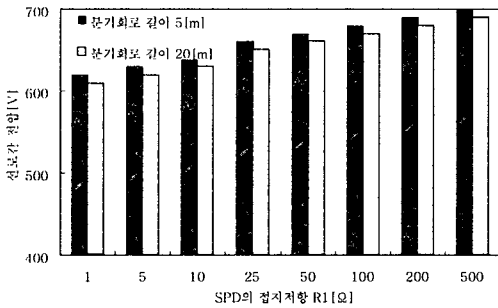


그림 9. 전원선-통신선 사이의 전압
Fig. 9. Voltages between the power lines and communication lines

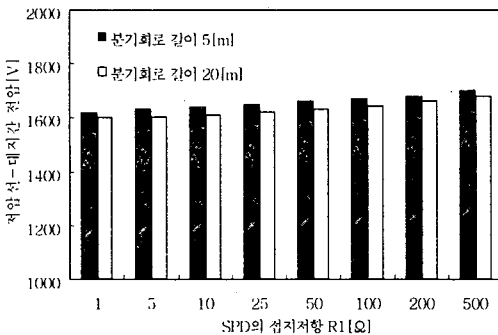
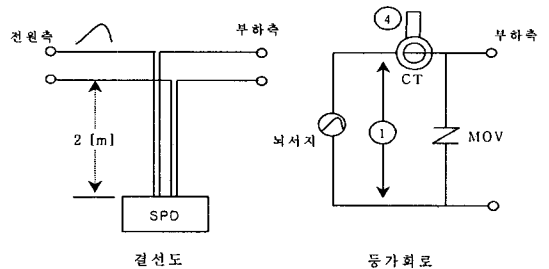


그림 10. 전원선의 대지전압
Fig. 10. Power line voltages to the ground

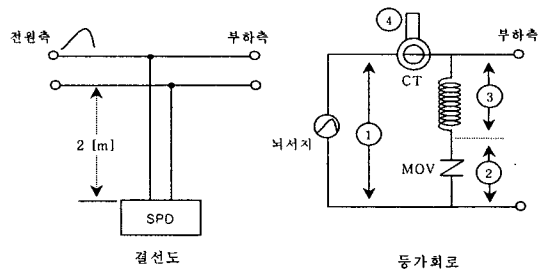
분기회로의 길이 5[m]와 20[m]인 경우 분전반에 설치된 SPD의 접지저항을 1~500[Ω]까지 변화시켰을 때의 전원선과 통신선간의 전압 및 전원선과 대지사이의 전압을 측정된 결과를 그림 9와 그림 10에 각각 나타내었다. 이들 전압은 분기회로의 길이가 길어질수록 조금 낮게 나타났으며, 전원선과 통신선사이의 전압은 접지저항이 증가함에 따라 점차적으로 증가하였으나 전원선의 대지전압은 거의 변동하지 않았다.

3.3 SPD의 배선방식에 따른 보호특성

전원선을 통하여 입사하는 뇌서지로부터 부하기기를 보호하기 위하여 전원선에 SPD를 설치하는 효과적인 배선방법에 대하여 실험적으로 검토하였다. 그림 11에 나타난 바와 같이 전원선에 SPD를 설치하는 2가지 배선방식에 따른 SPD의 보호성능을 평가하였다.



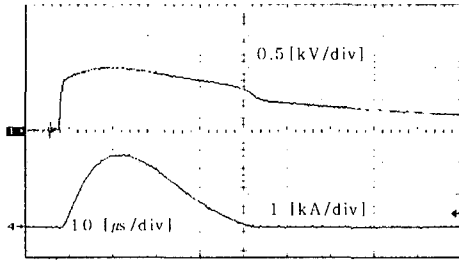
(a) 제한하는 배선방식



(b) 일반 배선방식

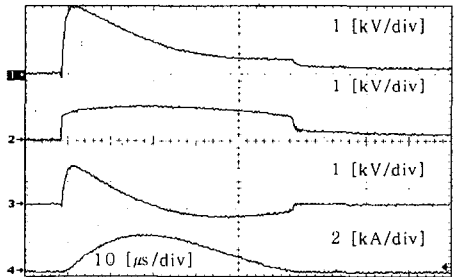
그림 11. SPD의 배선방식이 서지보호효과에 미치는 영향을 평가하기 위한 실험회로
Fig. 11. Experimental circuits for evaluating the surge protection effect according to the wiring methods of SPD

전원측에서 뇌서지가 입사한 경우 SPD가 동작하여 부하단에서 뇌서지전압의 파형과 SPD에 흐른 전류 파형의 예를 그림 12에 나타내었다. 또한 뇌임펄스전류의 크기에 따른 SPD의 제한전압 즉, 부하단 전압의 크기를 그림 13에 나타내었다.



위: 제한전압 아래: 인가전류

(a) 회로



1: 제한전압 2: ZnO varistor 전압
3: 리드선 유도전압 4: 인가전류

(b) 회로

그림 12. SPD의 배선방식에 따른 전류와 제한전압 파형
Fig. 12. Waveforms of the limited voltages and current according to the wiring methods

그림 11 (a)의 제안하는 배선방법에 따른 경우에는 뇌임펄스전류가 증가하더라도 ZnO 자체의 뇌임펄스전류에 의한 제한전압의 증가분만큼 상승할 뿐 현저한 SPD의 제한전압의 증가는 나타나지 않았다. 반면에 그림 11 (b)인 SPD의 일반 배선방법의 경우 뇌임펄스전류의 크기에 따라 제한전압은 SPD접속선의 인덕턴스의 영향 때문에 급격하게 증가하였다. 그림 11 (b)의 실험회로에 1.2/50[μs]의 단일 뇌임펄스전압과 0.5/100[kHz] 진동성 임펄스전압을 인가시킬 때 제한전압, 인가전류, 리드선의 유도전압의 파형을 그림 14에 나타내었다.

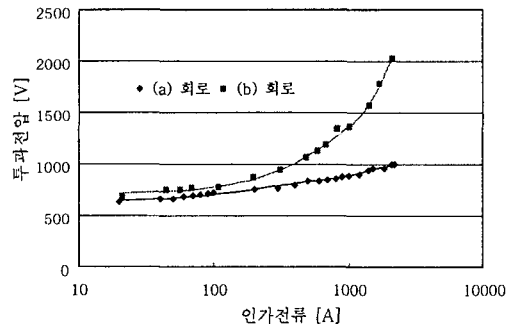
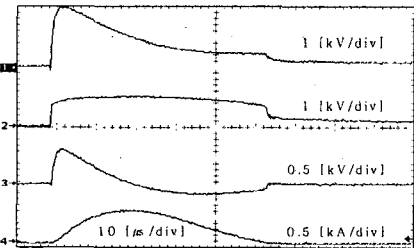
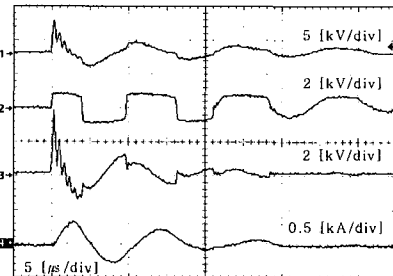


그림 13. 인가임펄스전류에 따른 제한전압의 변화
Fig. 13. Variations of the limited voltage according to the magnitude of incident impulse current



(a) 뇌임펄스전압



(b) 진동성 임펄스전압

1 : 제한전압 2 : ZnO의 단자전압
3 : 리드선 유도전압 4 : 인가전류

그림 14. 인가전압 형태에 따른 제한전압과 방전전류 파형
Fig. 14. Waveforms of the limited voltages and discharge current as a function of types of incident impulse voltages

또한 SPD의 동작에 의해서 흐르는 전류의 크기에 대한 제한전압의 변동특성을 그림 15에 나타내었으며, 뇌임펄스전류에 대한 제한전압의 크기는 약간 증가하였으나 진동성 임펄스전류에 대해서는 제한전압이 급격하게 증가하였다. 급상승하거나 고주파

SPD의 설치조건이 보호효과에 미치는 영향

전류에 대해서는 SPD의 배선길이의 영향이 대단히 크게 나타나므로 SPD설치의 배선공사시 충분한 주의가 필요하다.

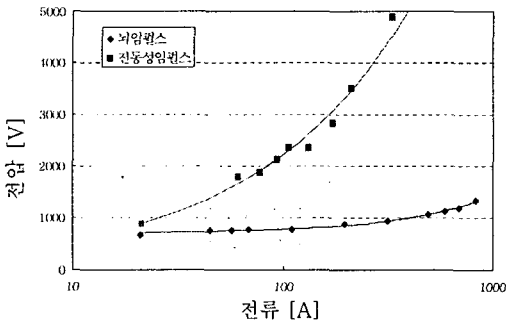


그림 15. 임펄스전류 파형에 따른 제한전압
Fig. 15. Limited voltages as a parameter of the impulse current waveforms

3.4 전선관 재료의 영향

옥내배선용 전선관의 재질이 PVC인 경우와 금속 전선관으로 사용한 경우 전원선에 뇌서지가 침입하였을 때 전선관의 재질이 뇌서지 전파에 미치는 영향과 SPD의 보호효과에 대하여 조사하였다. 분전반으로부터 분기회로의 길이가 20[m]이고, 분기회로의 말단에 통신기기가 설치되어 있을 때 분전반과 통신기기 앞단에 모두 SPD가 설치되어 있는 경우 분전반과 통신기기 측에서 금속관을 중성선과 전기적으로 접속하였다.

이는 L상에 뇌서지를 인가했을 때 N상을 접속하고, 그에 따른 뇌서지가 금속관에 전파되는 양상을 조사하기 위해 그림 16과 같이 실험하였다. 통신기기 앞단에 설치되어 있는 SPD의 접지저항은 10[Ω]으로 하고, 통신기기 앞단에 설치되어 있는 SPD를 통해 흐르는 서지전류와 입사전류의 비를 그림 17에 나타내었다.

금속전선관을 중성선과 접속한 경우는 PVC관을 사용할 때 보다 통신기기 측으로 침투하는 전류가 감소하였으나 접속을 하지 않고 사용할 때에는 오히려 증가하였다. 이는 접속할 경우 금속관의 직류 전기저항이 배선에 비하여 매우 큰 경우라 하여도 뇌서지전류에는 고주파성분이 많이 포함되어 있으

므로 표피효과에 의해 뇌서지전류의 대부분 금속전선관을 통해 흐르게 되고 접속을 하지 않은 경우에는 배선에 전류가 흐를 때 금속전선관은 자속을 집중시키는 철심으로 작용하게 되고, 만약 배선에 대단히 큰 전류가 흘러 금속전선관을 통과하는 자기력선이 포화되면 금속전선관의 끝단에는 매우 높은 밀도의 자기력선이 형성되며 따라서 높은 임피던스의 쇼크(choke)로 작용하며, 금속관의 끝단에서는 대단히 많은 열이 발생하여 배선을 용단시킬 가능성도 있다[6,7].

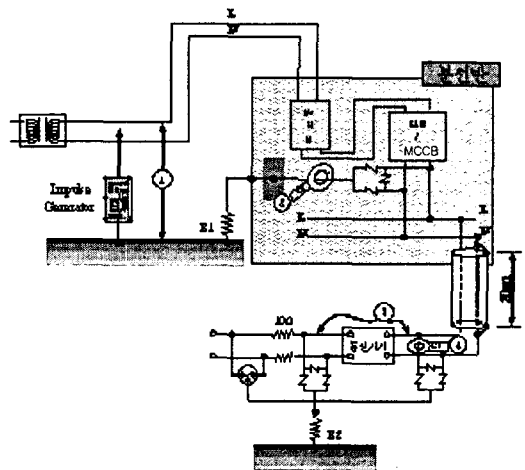


그림 16. 전선관 재료가 SPD의 보호효과에 미치는 영향을 분석하기 위한 실험회로도
Fig. 16. Experimental circuit for analyzing the effect of materials of conduits on the protection performance of SPDs

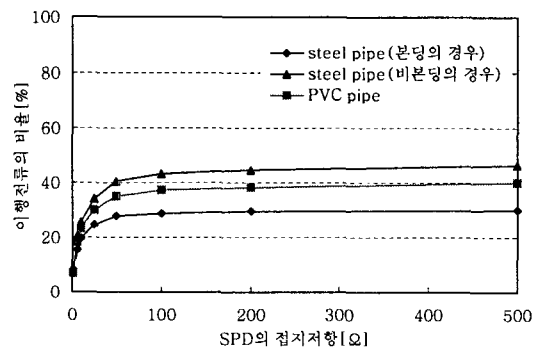


그림 17. 전선관 재료에 따른 뇌임펄스전류의 이행률
Fig. 17. Ratios of the transferred current to the incident impulse current according to materials of conduits

4. 결 론

정보통신설비의 전원선에 뇌서지가 입사하였을 때 SPD를 설치하는 방법이 보호효과에 미치는 영향을 분석한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

전원선을 통하여 입사한 뇌서지가 통신선으로 이행되는 전압은 통신기기 앞단에 SPD를 설치하는 경우가 낮았으며, 전원선의 길이가 길어지면 뇌서지의 억제 측면에서는 유리한 것으로 나타났다. PVC 전선관을 사용할 때 보다 금속 전선관을 접속하여 사용하는 것이 과전압억제에 유효하였으며, SPD를 선간에 접속하는 경우는 접속선을 최소화시키는 방법의 배선이 바람직하다. SPD의 보호효과는 전원계통의 접지방식, 분기회로의 길이, SPD의 설치위치, 접지선의 배선방식 등 여러 가지 요인에 의하여 변화하므로 SPD를 설치할 때 이들 요인을 충분히 고려해야 하며, 그 밖의 요인에 대해서도 종합적으로 분석·검토함이 필요하며, 이에 대한 지속적인 연구가 요망된다.

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력 연구센터 육성·지원 사업에 의해 작성되었습니다.

References

- [1] B. Richter, "Surge Protective Devices for Low-Voltage Power Distribution Systems, -The New IEC-Standard and First Experience with It", Proc. 23rd ICLP, Paper No.7C-1, pp.764~767, 1998.
- [2] R. B. Standler, "Protection of Electronic Circuits from Overvoltages", John Wiley & Sons, Inc., First edition, New York, pp.3~33, 1989.
- [3] 이복희, 이동문, 강성만, 엄주홍, 이승철, "정보통신용 뇌서지 보호장치의 효과적인 설치기법", 한국조명·설비학회 논문지, Vol.16, No.5, pp.90~96, 2002.
- [4] M. B. Marz, S. R. Mendis, "Protecting load devices from the effects of low-side surges", IEEE Trans., Vol. 29, No. 6, November/December 1993.
- [5] Task Force Report, "Secondary(low-side) surge in distribution transformers", IEEE Trans., Vol. 7, No 2, April 1992.
- [6] R. P. O'Riley, Electrical Grounding, International Thomson Publishing Company, 5th Edition, pp.60~79, 1999.
- [7] 이승철, "정보화 건축물의 뇌보호시스템", 인하대학교 대학원 졸업논문, pp.101~108, 2002. 2, ("A Lightning Protection System for Information-oriented Structures").

◇ 저자소개 ◇

이복희 (李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대공대 전자전기공학부 교수.
Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822,
e-mail : bhlee@inha.ac.kr

이동문 (李東汶)

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

이승철 (李承七)

1943년 4월 1일생. 1971년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1997년 2월 서울산업대 산업대학원 안전공학과 졸업. 2002년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 (주)한진중공업 전무이사.
Tel : (032)860-7398
Fax : (032)863-5822
E-mail : scllee@hjcst.co.kr