

뇌서지에 의한 과전압 현상에 대한 실험연구

이석우, 고연성, 여동구, 서호준, 이동희
수원대학교 전기공학과

Experimental Study of Overvoltage Phenomena due to Lightning Surge

Suck-Woo Lee, Yeon-Sung Ko, Dong-Goo Yeo, Ho-Joon Seo, Dong-Hee Rhie
Electrical Eng. Dept., University of SUWON

Abstract - Lightning surge damages of low voltage equipments in building are increasing due to increase in electrical and communication networks in the information-oriented society. And electrical circuits with semiconductor are very weak against lightning surge. To achieve effective method of surge protection on low voltage lines, there are needs for the relationship between propagation aspects of lightning surge and arrangement of indoor wire. This paper describes the experimental study on the relationship between them. This result may be raw data for establishment of surge protection system.

1. 서 론

고도정보화사회로의 발전과 각종 산업의 기술의 발달에 따라 에너지원으로서 전기에너지의 중요성이 극히 높아지면서 전기설비에 발생하는 이상전압의 피해는 증가하게 되었다. 이러한 이상전압에는 전력선으로부터 침입해온 뇌서지 과전압, 설비내부에서 발생하는 개폐서지 과전압등이 대표적이지만, 이들 이상전압에 의해 발생하는 정전사고의 과반수 이상은 뇌장해에 의한 것이라고 발표되어 왔다. 그리고 최근 전자기기의 소형화, 저전력화에 의해 과도적이고 비정상적인 과전압에 대해 매우 취약한 특성을 가지게 되었고, 이들 전자기기의 AC 전원선과 더불어 PC, FAX, 전화 등과 같은 통신선이 망상화되어 있어 뇌장해에 의한 피해가 증가하고 있다. 이러한 뇌장해에 기인하는 뇌서지에 대한 피해는 단순한 기기의 손상에 그치지 않고 노이즈원으로 작용하여 기능장애를 유발한다. 또한 컴퓨터의 광범위한 보급으로 뇌서지에 의한 순시적 정전이나 단시간 전압변동에 의한 경제적 손실도 막대한 것으로 알려져 있다.

이전부터 뇌해의 증가에 따라 전력회사나 전기철도 등 전력설비 유관분야에서는 뇌현상에 관한 다양한 연구 및 뇌보호대책이 진행되어 왔으며, 그 결과 뇌의 발생이나 그 특성 등 많은 부분이 해명되어 전력설비 및 기기 등의 뇌해방지대책 수립에 크게 기여하였다. 따라서 현재 송배전설비를 중심으로 한 전력분야에서는 뇌해에 대한 보호기법이 완전하다고는 할 수 없으나 어느 정도 확립되어 착실히 그 성과를 올리고 있다. 그러나 고도정보화 사회에 대응하는 저압전선로의 전기설비, 가전기기 등에 대한 뇌보호대책 연구는 현재 외국에서도 지속적인 연구가 진행되고 있으며, 앞으로의 연구 성과도 크게 기대되고 있다. 따라서 국내에서도 고압송배전선이나 변전설비·통신설비, 개별기기의 뇌보호연구에서 얻어진 결과를 활용하여 저전압 전력설설비에 대해 뇌에 기인하는 피해 실태와 그 기구를 명확히 파악하여 효과적인 뇌보호대책을 조속히 수립할 필요가 높아지고 있다.

본 논문에서는 저압 전력설설물의 전원선인 일반 수용가측 인입단에 침입하는 뇌서지가 옥내배선 배치에 따라

전파되는 양상을 실험적으로 조사하였다. 또한 시뮬레이션을 통해 뇌서지의 전파양상을 구현하였고 뇌서지에 대하여 효과적인 뇌보호대책 수립을 위한 실험적 결과에 대해 검토하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

옥내배선의 배치에 따른 서지 전파양상을 조사하기 위하여 본 실험에서는 일반 저압 시설물의 연결 상태를 모사할 수 있는 회로를 그림 1과 같이 구성하였다. 그림 1의 구성도는 지면에서 가장 가까운 곳에 위치하는 콘센트를 모사하였고, 옥내배선 배치에 따른 전파양상을 파악하기 위하여 길이를 1, 3, 5, 10, 15[m]로 가변하여 포설하였다.

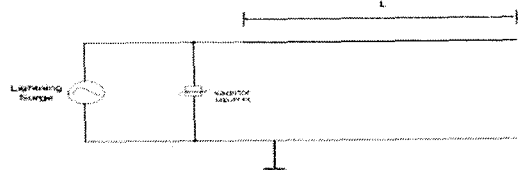


그림 1. 서지 전파 실험구성도
Fig. 1. The experimental circuit for propagation due to lightning surge

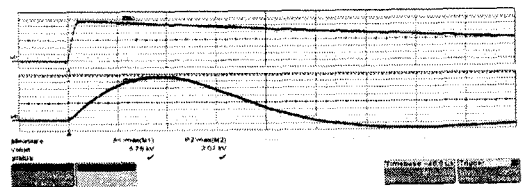


그림 2. 서지발생기의 출력 전압, 전류 파형
Fig. 2. Output waveform of surge generator

본 실험에서 사용한 서지 발생기는 IEC 61000-4시리즈, ANSI C62.41, UL 1449 등의 서지에 관련된 국제규격에 적합한 모의 실험장비로 그림 3과 같은 1.2/50[μs] 임펄스 전압을 발생시킨다. 본 장비를 이용하여 옥내배선 배치에 따른 서지 전압양상을 모의가속에 포설한 배선의 말단에서 고전압프로브와 오실로스코프를 사용하여 측정하였다.

2.2 결과 및 검토

그림 3은 옥내배선 길이를 가변시키면서 배선 인입단에 서지 발생기의 출력 전압을 인가하여 배선 말단에서

의 전압최대치를 측정한 결과를 나타내었다. 본 논문에서는 동작전압 470V인 바리스터를 사용하였으며 바리스터의 설치 높이는 지면으로부터 50cm로 고정하였다.

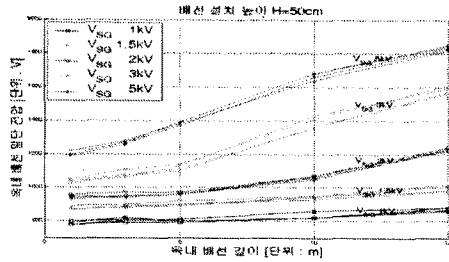


그림 3. 옥내배선 길이에 따른 말단전압 양상 (배선 높이 50[cm])

Fig. 3. Ending voltage's Aspect according to the length of indoor wire(wire height 50[cm])

그림 3의 실험결과와 같이 옥내배선의 길이가 길어짐에 따라 옥내배선 말단에서의 측정전압이 증가되는 양상을 파악할 수 있었다. 이러한 실험결과로부터 옥내배선의 길이가 길어짐에 따라, 인가전압이 커짐에 따라 말단전압의 최고치가 증가함을 알 수 있다. 따라서 배선 길이 증가에 의하여 말단에서의 서지 전압 억제 효과가 감소되는 양상을 파악할 수 있었으며, 측정과정으로부터 진행파(Travelling wave)현상을 관측할 수 있었다. 그림 4-그림 7의 결과로부터 전원측에 침입한 뇌서지는 배선 선단의 서지보호소자와 배선 말단의 임피던스 차이로 인하여 진행파(Travelling wave)현상이 발생하는 것을 확인하였다. 전원측에 입사된 뇌서지 전압파는 서지보호소자에 의하여 클램핑된 후, 선로상을 전파해온 진행파는 개방되어 있는 배선의 말단에서 반사되어 서지보호소자 측으로 진행한 후 다시 반사하는 현상을 반복한다. 이는 배선의 양 끝단의 임피던스 차이로 인하여 발생하는 현상이므로 상대적으로 송전선로의 길이가 긴 경우에 대하여만 주로 취급되었으나, 본 실험을 통하여 확인한바 옥내 배선 길이가 수m에서 수십m 길이의 배선에서도 동일한 현상을 관측하였다. 이러한 진행파는 서지 전압 인가 후 수 마이크로 초 시간동안 관측되며 서지보호소자 단과 개방 배선 말단 사이를 왕복하면서 배선 말단 전압의 최대값을 증가시키는 양상을 나타내었다. 표 1은 이러한 진행파에 의하여 개방된 배선 말단에서 관측된 진행파의 최대값과 주파수를 나타내었다. 표 1의 결과로부터 진행파는 배선길이가 길어짐으로 인하여 개방 배선 말단에서 측정된 진행파의 주파수는 작아지고 최대값이 커짐을 알 수 있었다. 이는 진행파의 왕복 시간이 배선 길이에 따라서 길어짐으로 인하여 나타나는 현상으로 사료된다. 또한, 배선 설치 높이가 증가함에 따라 선로 정수의 증가로 인하여 개방 배선 말단에서 측정된 진행파의 주파수는 작아지고 최대값이 커짐을 알 수 있었다.

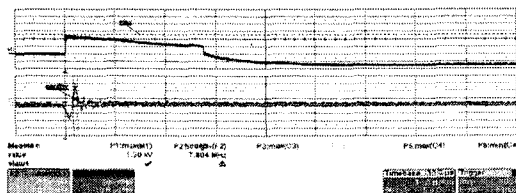


그림 4. 배선 높이 50[cm], 배선길이 5[m]일 때의 진행파

Fig. 4. Traveling wave when wire height 50[cm] and length 5[m]

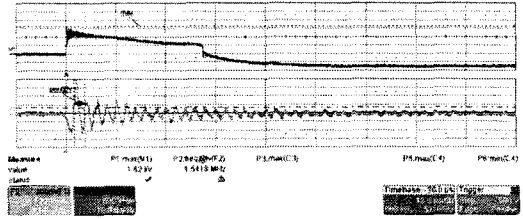


그림 5. 배선 높이 50[cm], 배선길이 10[m]일 때의 진행파

Fig. 5. Traveling wave when wire height 50[cm] and length 10[m]

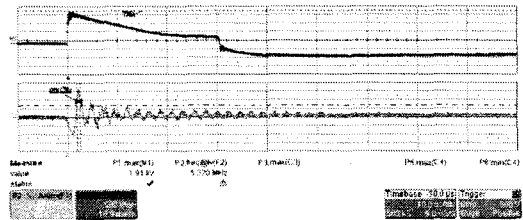


그림 6. 배선 높이 270[cm], 배선길이 5[m]일 때의 진행파

Fig. 6. Traveling wave when wire height 270[cm] and length 5[m]

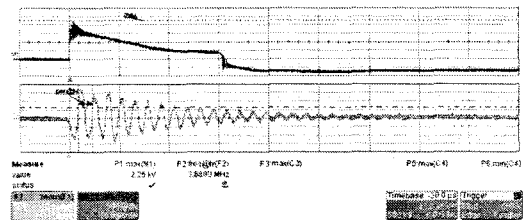


그림 7. 옥내배선 높이270[cm], 길이 10[m]일 때의 진행파

Fig. 7. Traveling wave when wire height 270[cm] and length 10[m]

표 1. 배선 말단에서 관측된 진행파의 최대값과 주파수

Table. 1. Maximum voltage and frequency at the ending wire of travelling wave

L(배선길이)	H(설치높이)	
	50[cm]	270[cm]
5[m]	550V 6.42MHz	598V 3.7MHz
10[m]	710V 4.12MHz	736V 3.24MHz

이러한 진행파 현상 시뮬레이션을 수행하기 위한 시뮬레이션 다이어그램을 그림 8에 나타내었다. 그림 8의 회로도를 이용하여 PSCAD-EMTDC 프로그램을 이용하여 시뮬레이션한 결과는 그림 9와 같다.

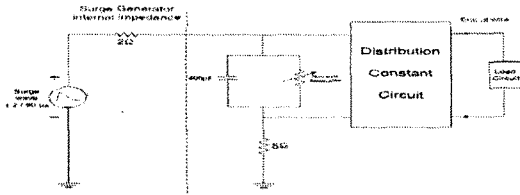


그림 8. 진행파 현상을 시뮬레이션을 수행하기 위한 시뮬레이션 다이어그램
 Fig. 8. Simulation diagram to simulate traveling wave situation

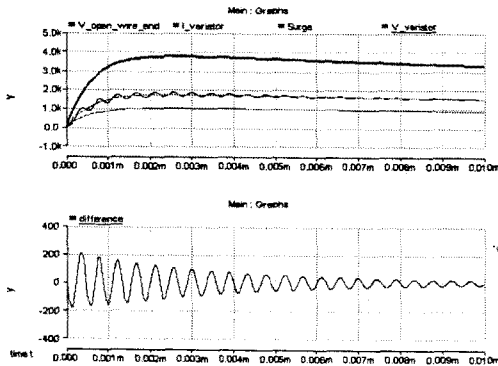


그림 9. PSCAD-EMTDC 프로그램을 이용한 시뮬레이션 결과
 Fig. 9. Simulation result using by PSCAD-EMTDC program

3. 결 론

본 논문에서는 옥내배선 길이에 따른 서지 전과양상을 규명하고자 옥내배선의 길이를 가변 하여 실험을 수행함으로써, 옥내배선 길이에 따른 옥내배선 말단전압의 양상을 취득하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다. 옥내배선 길이가 길어짐으로써 서지 억제효과가 감소하는 것을 실험결과로부터 확인하였고 전원측에 침입한 서지는 배선 양단의 임피던스 차이로 인하여 진행파(Travelling wave)현상이 발생하는 것을 확인하였다. 또한 이러한 진행파에 의해 배선 말단 전압의 최대값은 증가하며, 배선길이가 길어짐으로 인하여 개방 배선 말단에서 측정된 진행파의 주파수는 작아지고 최대값이 커짐을 확인하였다. 따라서 피뢰소자로부터 멀어질수록 피뢰소자에 의한 과전압 보호효과가 감소하는 것으로 풀이되며, 옥내의 통신기기에 대한 효과적인 뇌보호를 위하여 다수의 피뢰기를 설치하거나 배선길이를 가능한 짧게 하는 등의 뇌보호대책이 마련되어야 한다. 또한 옥내의 효과적인 뇌보호를 위한 설비시공이 효과적으로 이루어지기 위해 옥내배선의 높이에 따른 서지 억제방법을 수립하여야 할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] B. Richter, "Surge Protective Devices for Low-Voltage Power Distribution Systems, The IEC Standard and First Experience with it", Proc. 23rd ICLP, Paper No.7C-1, pp.764-767, 1988.
 [2] R. B. Standler, "Protection of Electric Circuits from Overvoltages", John Wiley & Sons, Inc, First edition, New York, pp.3-33, 1989.

[3] 이복희, 이동문, 강성만, 임주홍, 이승철, "정보통신용 뇌서지 보호장치의 효과적인 설치기법", 한국조명·설비학회 논문지, Vol.16, No.5, pp.90-96, 2002.
 [4] IEC 61643 1, "Surge protective devices connected to low voltage power distribution systems- Part 1 : Performance requirements and testing methods", First edition, pp.3-37, 1998-02
 [5] IEC 61643 12, "Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems- Part 12 : Performance requirements and testing methods", First edition, pp.113-117, 2002-02
 [6] Harrison, J. "Why and how do surge protective devices (SPD) fail: a safety article", pp.29-31 March 1994.
 [7] Dortolina, C.A.Rios, R.A. "Surge arresters. Protecting equipment from heatstroke", Potentials, IEEE, Volume. 15, No. 1, pp34-36, Feb.1996.
 [8] Martzloff, F.D. "Coupling, propagation, and side effects of surges in an industrial building wiring system", Industry Applications, IEEE Transactions on, Vol 26, No. 2 pp.193-203, March April 1990.
 [9] N. Koga, H. Motomitsu, "A new lightning surge test circuit for telecommunications equipment in Japan/Kuwabara". IEEE Transactions on, Vol. 30, No. 3, pp.393-400 Aug. 1988.
 [10] 이복희, 이경옥, 안창환, 이승철, 박정웅, "마리스터와 LC필터를 조합한 교류 전원용 서지보호 장치", 한국조명·전기설비학회 논문지 Vol.11, No.4 pp.109-116, 1997
 [11] Oun Seck Kim, et, al., "A Study of Standard of Surge Protective Devices in Comparison with International Standard for Railroad and its Improvement Plan", Proceeding of the EIVECS Autumn Annual Conference 2001, pp278-281