

뇌서지에 의한 전력통신선로의 전위상승

이복희, 장석훈
인하대학교 공대 전기공학과

A Rise in Electric Potential of Telecommunication Line for Electric Power System by Lightning Surges

Bok-Hee Lee, Sug-Hun Chang
Dept. of Electrical Engineering, Inha University

Abstract - This paper deals with a rise in electric potential of telecommunication line for electric power system by lightning surges. When $1.2/50\mu s$ and $8/20\mu s$ impulse voltage and current were applied on telecommunication cable, the voltage waveforms at the end terminal and equipment were measured. The telecommunication lines, which consist of 60 conductors and 3.5km in length, have some surge protectors such as preposition lightning arrester and TVSS. In each case, the rise in electric potential was measured for differential mode and common mode, respectively. Also, the rise in ground potential and the induced voltages were measured and analyzed.

As a result, a significant rise in ground potential was observed for lightning surge. It can cause failure or malfunction of telecommunication systems.

1. 서 론

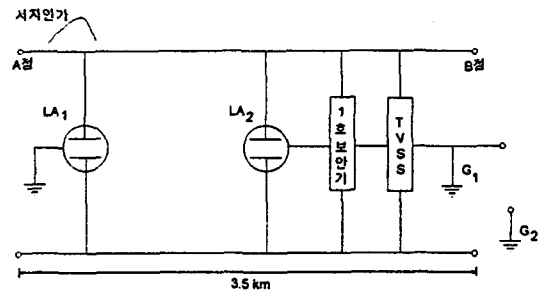
최근 낙뢰 및 전력계통의 지락사고 등에 의해 발생한 서지가 통신 케이블선로에 유입되어 단말에 연결된 전력통신·정보기기 등의 파손이나 고장을 초래하는 사고가 많이 발생하고 있다.^{[1][2]} 이러한 사고에 대한 대책수립을 위해서는 각종 보안장치가 설치되어 있는 실제의 전력용 통신케이블 선로에 대해 뇌서지 인가에 따른 선로간의 전위상승 뿐만 아니라 대지전위 상승의 실험 및 분석이 요구되어진다.^[3]

본 논문에서는 $1.2/50\mu s$ 임펄스전압과 $8/20\mu s$ 의 뇌서지 전류 발생기를 사용하여 각각의 전력통신보안장치가 설치된 경우의 전위상승을 실험하였다. 전력통신선로에 임펄스전압, 서지전류를 선간 및 선과 대지간에 인가하여 각각의 경우에 대해 선로 종단에 나타나는 전압파형을 측정하였으며, 종단의 대지전압상승에 대해서 관측하였다. 또한, 인접한 다른 회선에 유도되어지는 서지전압을 실험하여 분석·검토하였다.

2. 현장 측정 실험

$1.2/50\mu s$, $8/20\mu s$ 서지전압·전류발생기를 이용하여 전치피뢰기, 1호 보안기, TVSS 등의 보안장치가 부착된 전력통신 케이블선로에 직접 서지를 인가하였을 때 통신선로 말단에서 나타나는 전위상승파형을 측정·분석하였다. 강원도 북평 154kV 변전소와 동해전력소 사이에 시설

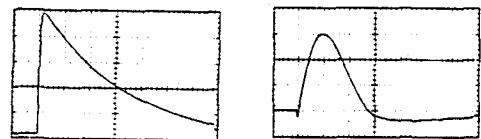
되어 있는 총 60회선의 전력통신 케이블을 측정대상으로 하였다. 그림 1에 실험한 현장의 상황을 개략적으로 나타내었으며, 그림 2에 인가한 뇌서지 전압·전류파형을 나타내었다. 서지인가장소와 관측지점까지는 약 3.5km의 거리를 두고 있으며, A점에서 $1.2/50\mu s$ 와 $8/20\mu s$ 임펄스 전압, 서지전류를 인가하고 B점에서 고전압프로브(Tek. P6015A)와 오실로스코프(Tek. TDS520)를 사용하여 전위상승을 관측하였다.



LA₁, LA₂ : 전치피뢰기

그림 1. 현장실험회로도

Fig. 1. Circuit diagram of an on-the-spot test



(a) $1.2/50\mu s$ 임펄스전압파형 (b) $8/20\mu s$ 뇌서지전류파형

그림 2. 임펄스전압·전류파형

Fig. 2. Impulse voltage and current waveforms

실험한 각각의 조건을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 전치피뢰기(LA₂)만 연결되어 있는 경우
- 2) 전치피뢰기(LA₂)와 1호 보안기가 연결되어 있는 경우
- 3) 전치 피뢰기(LA₁, LA₂)가 모두 연결되어 있는 경우
- 4) 통신선로용 보안장치(TVSS)가 연결되어 있는 경우
- 5) 하나의 회선에 서지인가시 다른 회선에 유도되는 서지전압

각각의 경우에 대해 선로와 선로사이(차동모드) 및 선로와 대지사이(공통모드)에 $1.2/50\mu s$, $8/20\mu s$ 의 임펄스전

압·전류를 인가시 각각 B점의 선로와 선로사이, 선로와 대지사이의 전위변동을 측정하였다. 또한 A점에서 선로와 대지간에 서지를 인가한 경우에 B-G₁사이의 전위, G₁-G₂사이의 전위 즉, 선로단자함의 대지전위상승도 측정하였다. 이 때, 인가된 임펄스전압과 서지전류는 각각 피크치가 약 4kV, 4kA로 일정하게 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 전치파뢰기(LA₂)만 연결되어 있는 경우

B점에 전치파뢰기(LA₂)만 연결되어 있는 경우 서지전압의 신풍파형의 예로 그림 3에 나타내었다. 실제 인가한 임펄스 전압, 서지전류파형은 그림 2에 나타낸 파형이나 선로간의 정전용량 및 인덕턴스의 영향에 의해 그림 3과 같은 전위상승 파형이 관측된다.

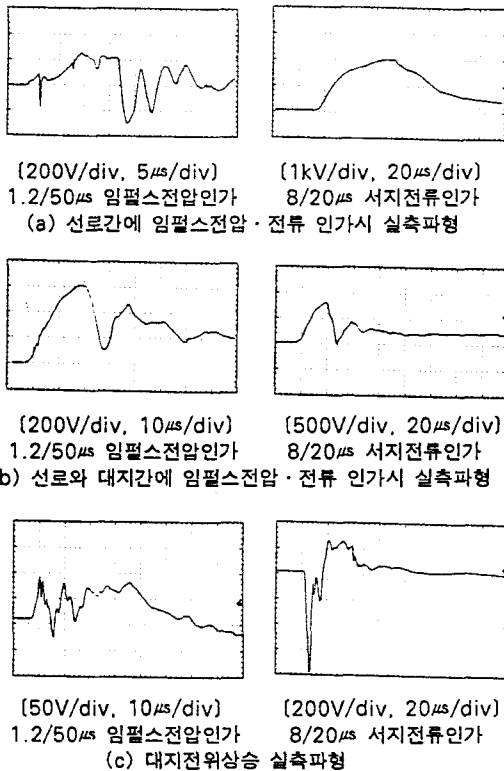


그림 3. 전치파뢰기만 연결되어 있는 경우의 신풍전압파형
Fig. 3. Observed voltage waveforms with preposition arrester(LA₂) only

선간에 8/20μs 임펄스전류의 인가시 최대 약 2kV 정도의 높은 전위상승이 관측되어졌으며, 선로와 대지간의 인가시에는 600~800V정도 상승하였다. 이는 각각 전치파뢰기의 차동모드와 공통모드동작으로 제한된 전압이 나타난 것이다. 1.2/50μs 임펄스전압을 인가하였을 때의 대지전위상승은 비교적 낮으나 8/20μs 임펄스전류를 인가하였을 때는 대단히 급격히 상승하고, 800V이상의 전위상승을 보였으며, 이것으로 인하여 주변의 다른 설비에 도 영향은 미칠 것으로 예상된다.

3.2 전치파뢰기(LA₂)와 1호 보안기가 연결되어 있는 경우

전치파뢰기와 1호보안기가 연결되어 있는 경우의 측정된 전압파형의 예로 그림 4에 나타내었다. 1호 보안기의 방전계시전압은 230~270V(교류)로 명시되어 있으나 실제 뇌서지 인가시험에서는 2.2~2.4kV로 높은 전압이 나타났다. 이것은 1호 보안기의 동작시간이 전치파뢰기보다 빠르기 때문이며, 서지전압의 지속시간도 LA₂만 인 때보다 짧게 나타났다. 이는 빠르게 진행되는 뇌서지에 대해서는 1호 보안기가 서지를 제한하는 역할을 충분히 한다고 볼 수 없으며, 1호 보안기는 상용주파 이상전압에 대한 보호 능력만이 있음을 알 수 있다.

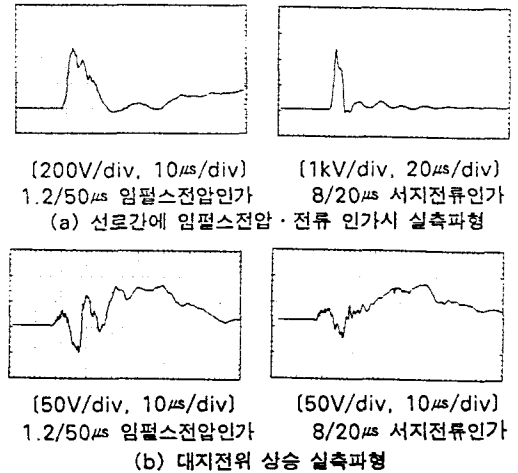
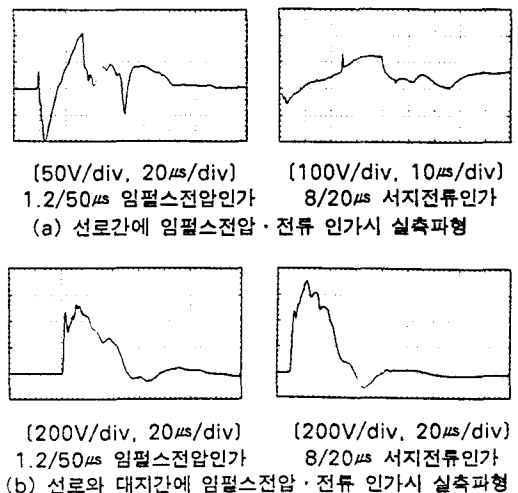


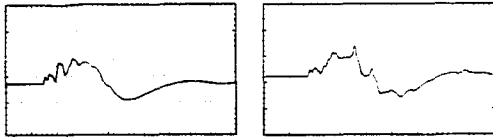
그림 4. 전치파뢰기와 1호보안기가 연결되어 있는 경우의 신풍전압파형

Fig. 4. Observed voltage waveforms with preposition arrester(LA₂) and number one protector

3.3 전치 파뢰기(LA₁, LA₂)가 연결되어 있는 경우

A, B점에 전치파뢰기가 모두 연결되어 있는 경우의 신풍전압파형의 예로 그림 5에 나타내었다. A, B점에 전치파뢰기(LA₁, LA₂)가 모두 설치되어 있을 때는 선로간에 서지를 인가시 약 100V정도, 선로와 대지간에 인가시에는 530V정도의 전위상승을 보였다. 그리고 대지전위상승도 대단히 감소하였다.





(50V/div, 20 μ s/div)
1.2/50 μ s 임펄스전압인가
(c) 대지전위상승 실측파형의 예

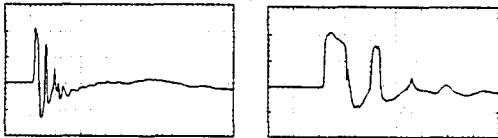
그림 5. 선로 양단에 전치피뢰기가 연결되어 있는 경우의 실측전압파형

Fig. 5. Observed voltage waveforms with two preposition arrester(LA₁, LA₂)

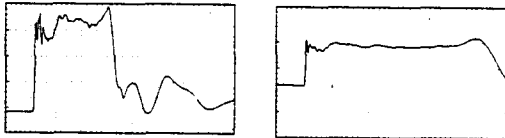
이러한 결과는 임펄스전압과 전류를 인가했을 때 전치 피뢰기 LA₁이 동작하여 서지전압이 제한되고, 제한된 서지전압이 선로를 따라 전송되는 과정에서 크기가 감소하고 고주파성분도 감소하며, 전반적으로 파형이 긴 시간 영역으로 확장된 특성을 보이고 있다.

3.4 통신선로용 보안장치(TVSS)가 연결되어 있는 경우

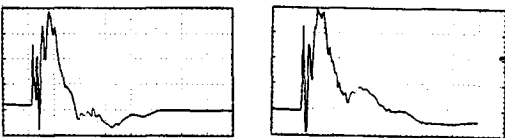
B점 말단에 통신선로용 뇌서지차단장치(TVSS)가 부착되어 있는 경우의 실측한 전위파형의 예를 그림 6에 나타내었다. 적용한 TVSS는 통신선로용 40V 규격의 제품이다.



(20V/div, 20 μ s/div)
1.2/50 μ s 임펄스전압인가
(a) 선로간에 임펄스전압·전류 인가시 실측파형



(10V/div, 50 μ s/div)
1.2/50 μ s 임펄스전압인가
(b) 선로와 대지간에 임펄스전압·전류 인가시 실측파형



(20V/div, 50 μ s/div)
1.2/50 μ s 임펄스전압인가
(c) 대지전위상승 실측파형

그림 6. 통신선로용 보안장치가 연결되어 있는 경우의 실측전압파형

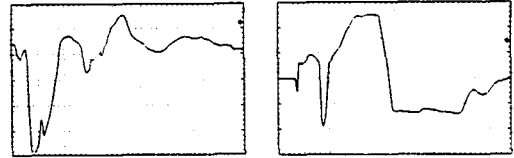
Fig. 6. Observed voltage waveforms with a TVSS

뇌서지 차단장치 부착시 전치피뢰기나 1호 보안기보다

는 서지전압·전류의 차단이 효과적이며, 서지에 의한 전위상승이 약 40V정도로 제한됨을 알 수 있다. 그러나 대지전위상승은 전치피뢰기와 TVSS의 동작에 따른 복합적 영향으로 약간 상승된 결과로 나타났다.

3.5 한 회선에 서지인가시 인접회선에 유도되어지는 서지전압

한 회선에 1.2/50 μ s 서지전압을 인가시 뇌서지차단장치가 부착된 다른 선로에 유도되는 전압의 실측파형을 그림 7에 나타내었다.



(10V/div, 20 μ s/div)
1.2/50 μ s 임펄스전압인가
(a) 선로간에 인가시

(20V/div, 20 μ s/div)
1.2/50 μ s 임펄스전압인가
(b) 선로와 대지간에 인가시

그림 7. 한 회선에 서지 인가시 다른 회선에 유도된 전압파형
Fig. 7. Induced voltage waveforms as an impulse voltage invades an neighboring line

다른 회선으로 서지가 유입시에도 근접해 있는 여러 선로에 높은 이상전압이 유기되어 서지차단장치에 의하여 40V정도로 제한되는 특성을 보이고 있다.

4. 결 론

이상의 실험을 통해 임펄스 전압·전류인가시 통신 케이블 단말에서 나타나는 전위상승 및 대지전위상승을 실측하고, 분석하였다. 그 결과, 뇌서지 전압·전류의 침입시 대지의 높은 전위상승이 관측되어졌으며, 이로 인해 신호/통신기기에 장애를 초래할 가능성이 매우 크다. 현재 사용되고 있는 전치피뢰기 및 1호 보안기만으로는 뇌서지 전압·전류에 대해서 피보호기기를 보호하기에는 불충분하며, TVSS의 부착시 매우 낮은 제한전압특성이 나타났다. 따라서 전치피뢰기 및 1호 보안기의 설치에 대한 검토가 필요하고, 성능이 개선된 보안장치 및 대지전위상승의 저감방안에 관한 연구가 필요하다. 특히, 선로에 유입되는 서지전압·전류는 고성능의 서지차단장치를 적용하면 낮은전압으로 제한시킬 수 있으나 대지전위상승에 대해서는 효과적인 보호기능이 없다. 따라서 적정용량의 서지보호장치의 설치와 대지전위상승의 영향에 대한 면밀한 검토와 대책에 대한 연구가 요망된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한전기술연구원, 전력용 통신설비 보안장치 개선, pp. 9~17, 1985, 12
- [2] 木村 茂, Lightning protection technique for the electronics and communication equipment, 日本電氣設備學會誌, pp. 643~651, 1988, 9
- [3] International Electrotechnical Commission (IEC), Pulse techniques and apparatus, IEC, second edition, pp. 7~46, 1987