

가입자 통신선로 유도뢰 전압의 통계적 분석

Statistical Analysis of Lightning-Induced Voltage on Subscriber Telecommunication Lines

오 호 석 · 박 동 철*

Ho-Seok Oh · Dong-Chul Park*

요 약

본 논문에서는 가입자 통신선로에서 발생하는 유도뢰 전압 측정을 통해 유도뢰 전압의 특징을 분석하고 첨두 전압 크기, 파두장, 파미장, 파두장 상승율과 같은 파라미터를 통계적으로 분석하였다. 또한, 전국 여러 지역의 유도뢰 전압 발생 분포를 통계적으로 처리할 수 있는 유도 전압 측정 시스템을 개발하여 전국적인 측정을 통해 연도별, 계절별, 지역별 유도뢰 전압 분포를 분석하였다.

Abstract

In this paper, The voltage waveshapes and the lightning parameters such as peak voltage, rise time, decay time and steepness of the front wave were statistically analyzed from the lightning-induced voltages measured on subscriber telecommunication line by lightning. Induced voltage measurement system to measure and collect the lightning-induced voltages in several regions of Korea was developed and installed in several sites. The distributions of lightning-induced voltages for years, regions and seasons were analyzed.

Key words : Lightning, Surge, Induced Voltage, Telecommunication Line

I. 서 론

통신선로 근방에서 발생하는 낙뢰에 의해 통신 회선에 발생하는 유도뢰 전압은 통신 회선 단말에 접속되어 있는 장치 즉, 교환기 인터페이스 회로, 가입자 맥내에 설치되어 있는 단말기 등의 소손을 발생시키고, 심한 경우에는 통신선로 자체가 파손됨에 따라 통신 중단이 발생하기도 한다. 이러한 영향으로부터 통신 설비를 보호하기 위해 여러 단계의 서지 보호 장치를 통신 회선 단말 또는 장치 내에 삽입하게 되며, 지리적, 환경적으로 설치 조건을 고려하여 경제적인 보호 대책을 강구하게 된다^{[1]-[3]}.

유도뢰 전압 계산 이론 및 실험에 대한 대다수의

연구는 송전선, 배전선과 같은 전력선을 대상으로 하고 있다. 통신 시설의 경우에는 국사 내부에 미치는 영향을 분석하거나 가입자 통신선로에서 발생하는 유도뢰 전압 계산, 측정 방법 및 측정 결과 분석에 대한 연구가 수행된 바 있다^{[4]-[7]}. ITU-T^[8] 및 IEC^[9] 표준에서는 독일, 프랑스, 일본, 이태리, 미국 등 일부 국가에서 측정된 결과를 활용하여 핸드북이 발간되었고, 낙뢰로부터의 위험성 분석(risk analysis)을 하여 낙뢰 보호 대책 필요성을 평가하는 방법을 제시하고 있다. 유도뢰 전압에 대해 통계적으로 안정적인 결과를 얻기 위해서는 다양한 지역에서 가능한 많은 선로에서 측정을 수행하는 것이 필요하다. 그러나 국내에서는 통신선로를 대상으로 유도뢰 전압

KT 미래기술연구소(Advanced Technology Laboratory, KT)

*충남대학교 전자공학과(Dept. of Radio Science & Engineering, Chungnam National University)

· 논문 번호 : 20071210-140

· 수정완료일자 : 2008월 1월 7일

에 대한 통계적 분석을 한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 논문에서는 가입자 통신선로에서 발생하는 유도뢰 전압 측정을 통해 유도뢰 전압의 특징을 분석하고 첨두 전압 크기, 파두장, 파미장, 파두장 상승율과 같은 파라미터를 통계적으로 분석하였다. 또한, 유도뢰 전압과 발생 회수 측정이 가능한 측정기를 전국 여러 지역에 설치하여 실시간으로 측정 데이터를 중앙 관리 서버로 전송하여 통신선로에서 발생하는 유도뢰 전압의 발생 현황을 통계적으로 처리할 수 있는 측정 시스템을 개발하여 가입자 통신선로에서 나타나는 유도뢰 전압 분포를 분석하였다.

II. 측정 방법

2-1 유도뢰 전압 파라미터 분석을 위한 측정

낙뢰에 의해 통신선로에 발생하는 유도뢰 전압은 첨두값(peak value), 파두장(rise time), 파두장 상승율(steeptness of the front or rate of rise), 파미장(decay time to half value) 등의 파라미터가 있다. 이러한 파라미터를 얻기 위해서는 전압 파형을 측정할 수 있어야 한다. 따라서 본 논문에서는 유도뢰 전압의 특징 및 파라미터 분석을 위한 측정 시스템과 전국적인 유도뢰 전압의 발생 분포를 얻기 위한 유도 전압 측정 시스템 등 두 가지 측정 시스템을 구축하였다. 본 절에서는 우선 유도뢰 전압 파형을 관측하기 위한 측정 시스템을 설명하고, 다음 절에서는 전국 유도뢰 전압 분포를 얻기 위한 측정 시스템에 대해 설명하겠다.

그림 1은 국사에서부터 가입자까지 지하 및 가공으로 구성되어 있는 통신선로를 대상으로 국사내에 측정기를 설치한 것이다. 측정기는 고 임피던스 상태에서 전압을 측정하며, 측정 회선의 가입자측 단말은 약 300 Ω의 접지 저항을 갖는 접지 전극에 연결되었다. 단말 저항이 수 백 Ω인 경우, 유도뢰 전압에는 큰 차이가 없는 것으로 알려져 있는데⁸⁾, 실제 300 Ω과 550 Ω인 경우 측정하여 비교해 본 결과, 300 Ω인 경우가 평균 10 % 정도 크게 측정되었다. 또, 단말을 개방된 상태에서 측정한 값은 단말 저항이 550 Ω인 경우와 비교할 때, 550 Ω 단말 유도뢰 전압의 평균 4 %로 측정되었다. 본 논문에서는 300 Ω의 단말 저항으로 구성되어 측정하였다.

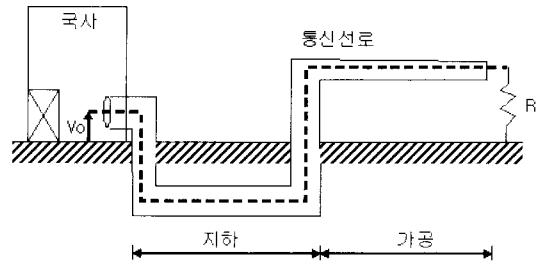


그림 1. 가입자 통신선로 구성

Fig. 1. Configuration of subscriber telecommunication line.

측정된 통신선로는 그림 2와 같이 2개 경로이고, 각 선로의 길이는 표 2와 같다. 그림 2의 '경로 1'은 국사로부터 약 200 m까지는 지하에 설치되어 있고, 나머지 구간은 지상 약 7 m 높이의 전주 위에 가공으로 설치되었다. 또, 다른 '경로 2'의 총 거리는 5.3 km이고, 국사에서부터 약 4 km까지는 지하에 설치되어 있고, 나머지 구간 1.3 km는 가공으로 설치된 것이다. 그림 2에서 ①~④는 측정 회선의 단말 위치로서 동일 낙뢰에 대해 발생하는 유도뢰 전압 특징을 비교하기 위한 것으로 측정 회선의 단말은 약 300 Ω의 접지 저항을 갖는 접지 전극에 연결하였다. 단말 ①의 경우, 개방 상태, 300 Ω, 550 Ω 등 3가지 방법을 사용하여 단말 저항에 따른 유도뢰 전압의 측정값을 비교하였으며, 그 결과는 앞서 설명한 바와 같다. 측정 지역은 대도심 외곽에 위치한 산간 지역으로 대지 도전율은 약 0.0014 S/m(대지 저항율 환산값: 약 700 Ωm)이었다. 이와 같은 구성을 통해 동일

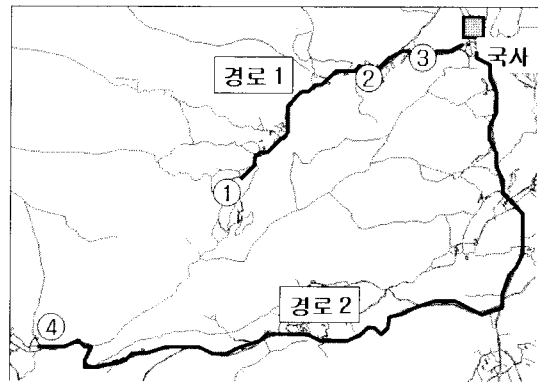


그림 2. 측정된 통신선로의 지리적 구성

Fig. 2. Map of telecommunication lines under test.

표 1. 국사로부터 단말까지의 통신선로 길이

Table 1. Length of telecommunication line from central office to terminal.

측정 선로 단말	①	②	③	④
전체 선로 길이(km)	2.3	1.3	0.6	5.3
가공 선로 길이(km)	2.1	1.1	0.23	1.3

낙뢰에 대해 선로 구성에 따른 유도뢰 전압 파라미터의 통계값을 얻을 수 있다.

2-2 지역별 유도뢰 전압 측정 시스템

통신선로에 유도되는 전압은 주변 전력선에서의 이상 전류에 의해 나타나는 전력 유도 전압과 낙뢰에 의한 유도뢰 전압으로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 유도뢰 전압의 크기만을 측정할 수 있는 측정기를 활용하여 통신선로에서 나타나는 유도뢰 전압을 24시간 측정하고, 그림 3과 같이 여러 측정기의 데이터를 수집할 수 있는 지역별 서버를 통해 최종적으로 웹 기반의 중앙 서버로 전송할 수 있는 측정 시스템을 구축하였다. 중앙 서버는 전국적으로 설치된 장치로부터 측정된 데이터를 수집하고, 통계 결과를 보일 수 있도록 하였다. 측정기의 기능을 표 2에 보였다. 1대의 측정기는 최대 4회선까지 측정할 수 있으며, 100 V 이상인 경우만 기록하도록 조정되어 있다.

III. 유도뢰 전압 파라미터 분석

표 2. 유도 전압 측정기의 기능

Table 2. Functions of induced voltage measurement equipment.

측정 항목	기능	비고
전력 유도 전압 - 실효 전압 - 잡음 전압	24시간 기록	잡음측정용 소포메트릭 필터 내장
유도뢰 전압	침두값	범위 100 ~ 2,500 V
고조파 분석	60 Hz 고조파 분석	60 차수까지 분석
절연 저항 측정	L1-L2 간 L1-G, L2-G 간	L1, L2: 통신선 G: 접지

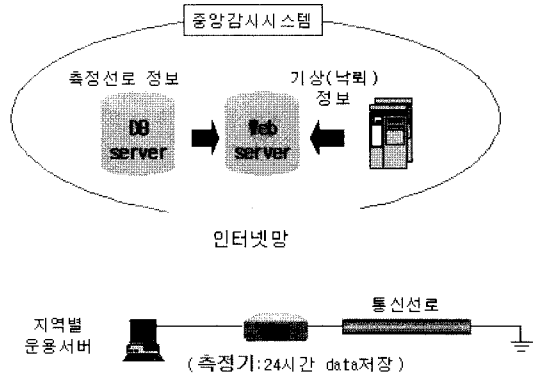


그림 3. 전국 유도뢰 전압 측정 시스템

Fig. 3. Nationwide lightning-induced voltage measurement system.

3-1 유도뢰 전압의 특징

낙뢰는 벼락이라고도 하는데, 구름과 대지 사이의 불꽃 방전을 일컫고 있다. 낙뢰는 구름으로부터 지면을 향해서 하강하는 비교적 약한 빛의 계단형 선구 방전(stepped leader stroke)과 이것이 지면에 도달하는 순간 같은 경로를 통해 지면으로부터 구름을 향해서 상승하는 매우 밝고 빠른 속도의 방전, 즉 귀환 뇌격(return stroke)으로 구성되며, 단 한 번의 뇌격으로 끝나는 것과 몇 회로부터 수십 회의 뇌격을 반복하는 다중 낙뢰가 있다.

이와 같은 현상에 따라 측정된 파형의 예를 그림 4에 보였다. 가로축은 시간이고, 세로축은 전압 크기

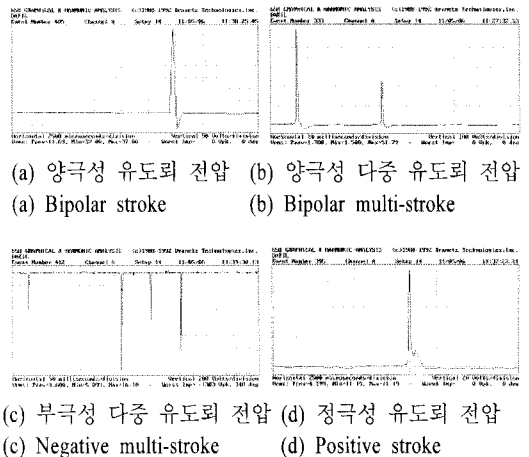


그림 4. 측정된 유도뢰 전압 파형 예

Fig. 4. Measured lightning-induced voltage waveshapes.

표 3. 다중 낙뢰의 통계적 분포

Table 3. Statistical distribution of induced voltage by multi-stroke lightning flashes.

번개당 뇌격 수	발생 빈도 (%)
1	61
2	14
3	4
4	2
5회 이상	4

로서, (+)극성, (-)극성, 양극성(bipolar)을 갖는 경우가 있고, 한 번의 매우 짧은 시간에 뇌격이 연속적으로 발생하는 다중 낙뢰에 의한 경우도 측정되었다. 표 3은 총 392개의 유도뢰 전압 측정 파형을 대상으로 다중 낙뢰에 대한 비율을 분석한 결과이다. 일반적으로 첫 번째 뇌격에 이어지는 두 번째 뇌격에 의한 유도뢰 전압의 중앙값(median)은 첫 번째 뇌격보다 작게 나타났는데, 작은 경우가 71%를 차지하였다. 또한, 첫 번째 뇌격과 두 번째 뇌격 사이의 시간 간격의 중앙값은 62 ms(범위 5.8~131 ms)로 나타났다. 유도뢰 전압의 시간에 따른 발생 경향을 보면 1분에 9회, 38분 동안 98회 측정되기도 하였다.

3-2 유도뢰 전압 파라미터의 통계 결과

파두장은 첨두값의 30%와 90% 사이에 해당하는 시간의 1.67배로 정의된다. 본 논문에서는 1.67배를 하지 않은 값으로 모든 데이터를 분석하였다. 파두장 상승율은 첨두값을 파두장으로 나눈 값이다. 파미장은 유도뢰 전압 파형에서 첨두값의 30%가 되는 상승 지점에서 첨두값의 50% 되는 하강 지점 사이의 시간으로 정의한다^[8].

이러한 파라미터는 랜덤 변수 x 의 로그 값의 통계적 변수가 정규 분포하는 로그 정규 분포로 근사화할 수 있다. 이 경우 변수 x 의 확률 밀도 함수 $p(x)$ 는 식 (1)과 같다^[10].

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi x \sigma_{\ln x}}} \exp\left[-0.5\left(\frac{\ln x - \ln x_m}{\sigma_{\ln x}}\right)^2\right] \quad (1)$$

여기서 $\sigma_{\ln x}$ 는 $\ln x$ 의 표준편차이고 x_m 은 x 의 중앙값이다. $u = (\ln x - \ln x_m) / (\sqrt{2} \sigma_{\ln x})$ 라 하면 x 를 초

표 4. 유도뢰 전압 파라미터 통계값

Table 4. Statistical values of lightning-induced voltage parameters.

파라미터	샘플 수	중앙값/평균값	최대값
첨두 전압 (V)	248	40/104	2,153
파두장 (μs)	194	100/150	1,009
파미장 (μs)	194	327/495	4,293
파두장 상승률 (V/ μs)	194	0.54/4.08	66.7

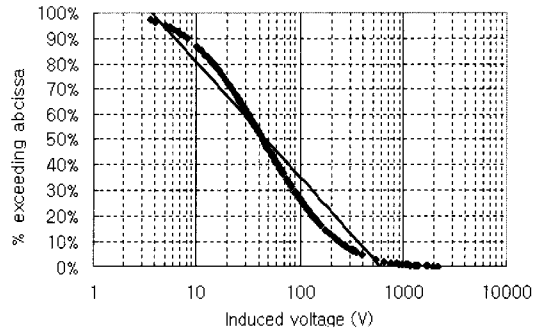


그림 5. 첨두값의 누적 확률 분포

Fig. 5. Cumulative probability distribution of peak values of lightning-induced voltages.

과하는 누적 확률 P_c 는 식 (2)와 같다.

$$P_c(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{u_0}^{\infty} e^{-u^2} du = 0.5 \operatorname{erfc}(u_0) \quad (2)$$

위의 값은 관계로부터 2006년 8월부터 2007년 5월까지 측정된 유도뢰 전압의 통계값은 표 4와 같다. 그림 5와 그림 6은 각각 첨두값과 파두장/파미장의

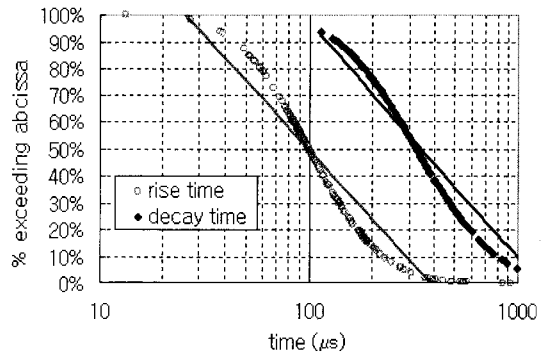


그림 6. 파두장과 파미장의 누적 확률 분포

Fig. 6. Cumulative probability distributions of rise time and decay time.

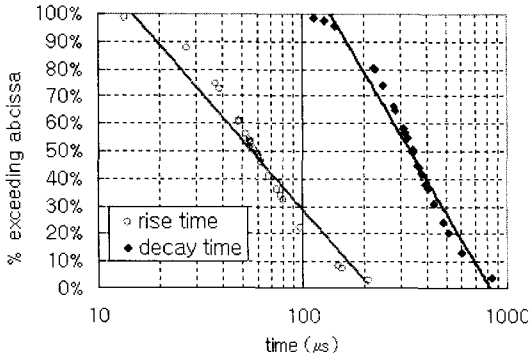


그림 7. 1 kV 이상 유도뢰 전압의 파두장과 파미장 누적 확률 분포
 Fig. 7. Cumulative probability distributions of rise time and decay time for lightning-induced voltages over 1 kV.

누적 확률 분포이다. 첨두값의 경우, 100 V가 넘는 확률이 25 %이고, 1 kV가 넘는 확률은 약 0.9 %였다. 50 % 확률이 되는 파두장은 100 μ s, 파미장은 327 μ s로 나타났다. 그림 7은 1 kV 이상으로 측정된 24 개 파형에 대한 파두장 및 파미장의 누적 확률 분포로서, 앞의 결과와 비교할 때 파두장은 작은 경우가 더 많이 나타났다. 예를 들어 50 % 확률을 갖는 파두장은 55 μ s이었고, 파미장은 유사하였다. 또한, 파두장, 파미장, 파두장 상승율의 중앙값은 각각 58 μ s, 362 μ s, 22 V/ μ s로서 파두장은 작고, 파두장 상승율은 상대적으로 크며, 파미장은 유사한 경향을 보였다. 이러한 통계값으로부터 가입자 통신선로에서 사용되는 서지 보호기가 100 V/ μ s의 임펄스에 대해 180 V 이상 600 V 이하에서 동작하는 기능을 갖고 있음을 고려할 때 적절한 특성을 갖고 있다고 할 수 있다.

그림 8과 9는 선로 길이와 파두장, 파미장의 누적 확률 분포로서, 선로 길이가 증가함에 따른 파두장, 파미장이 증가하는 관계를 확인할 수 있었다.

IV. 유도뢰 전압의 발생 분포

2006년~2007년 9월까지 전국 286개 지역의 통신선로에 설치된 유도 전압 측정 시스템으로부터 측정된 데이터로부터 유도뢰 전압의 크기 분포, 지역별 특징, 계절별 특징 등을 분석하였다. 국내 낙뢰 발생 현황은 기상청이나 한국전력연구원에서 운용하는

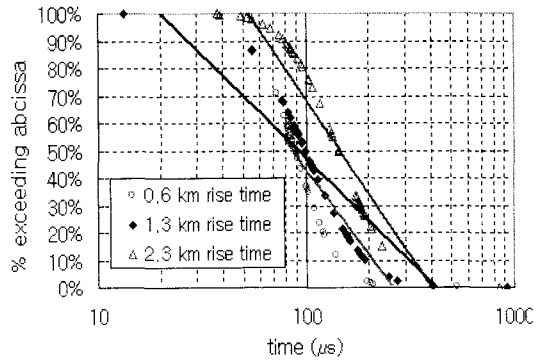


그림 8. 선로 길이와 파두장의 누적 확률 분포
 Fig. 8. Cumulative probability distributions of rise time for different line length.

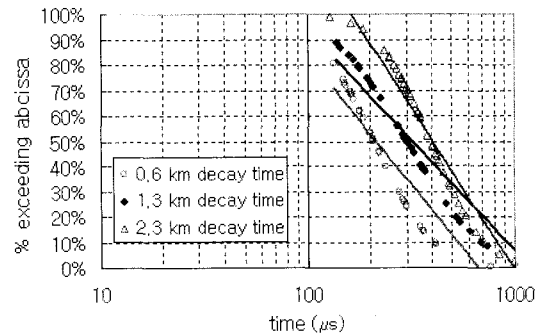


그림 9. 선로 길이와 파미장 누적 확률 분포
 Fig. 9. Cumulative probability distributions of decay time for different line length.

낙뢰 감시 네트워크(KLDnet)로부터 얻을 수가 있다. 그림 10과 그림 11은 KLDnet에서 제공하는 우리나라의 낙뢰 발생에 관한 통계 데이터로서, 최근 2년간 월별, 지역별 낙뢰 발생 회수이다^[11]. 낙뢰 발생 회수는 매년 다르지만 주로 6~9월 여름철에 많으며, 대도시 지역에서의 발생 회수는 상대적으로 작다.

그림 12는 유도 전압 측정 시스템으로부터 측정된 2006년과 2007년의 전국 유도뢰 전압의 크기별 분포이다. 2년간 200 V 이하가 유사하게 91 %로 나타났다고 1 kV 이상이 2006년에는 1.95 %, 2007년에는 3.6 %로 나타났다. 프랑스는 5년간 측정된 결과, 200 V 이하가 70 %, 1,800 V 이상이 0.15 %로 보고된 바 있다^[8]. 그림 13은 2006년 여름철(7~9월)과 겨울철(1, 2, 12월)로 구분하여 유도뢰 전압의 분포를 나타낸 것이다. 여름철에 비해 겨울철에 1 kV 이상 발생율이 높은 것으로 측정되었다. 이러한 현상은 2006년

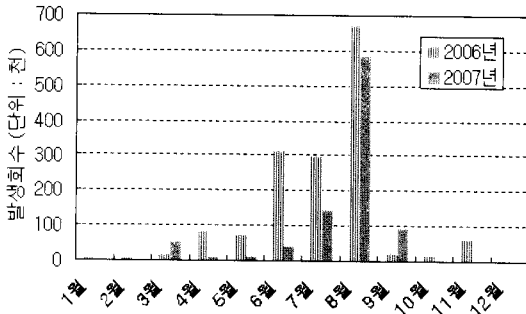


그림 10. 월별 낙뢰 발생 회수
Fig. 10. Occurred lightning number vs. month.

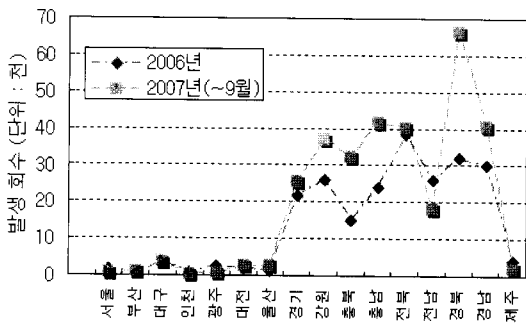


그림 11. 지역별 낙뢰 발생 회수
Fig. 11. Occurred lightning number vs. regions.

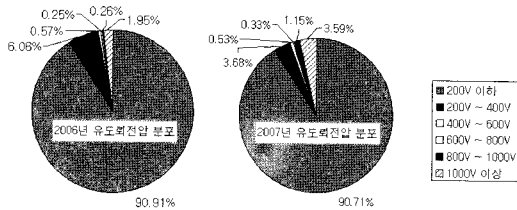


그림 12. 전국 유도뢰 전압 분포
Fig. 12. Nationwide lightning-induced voltage distributions in 2006 and 2007.

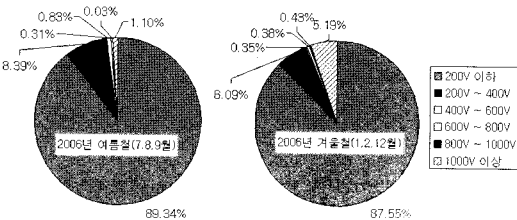


그림 13. 여름철과 겨울철의 유도뢰 전압 분포
Fig. 13. Lightning-induced voltage distributions in summer and winter.

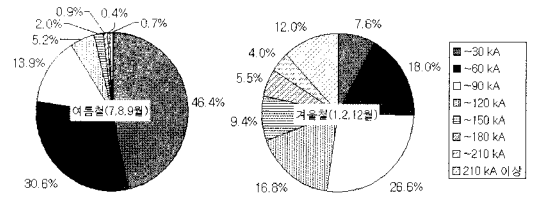


그림 14. 여름철과 겨울철의 뇌격 전류 크기 분포
Fig. 14. Lightning stroke current distributions in summer and winter.

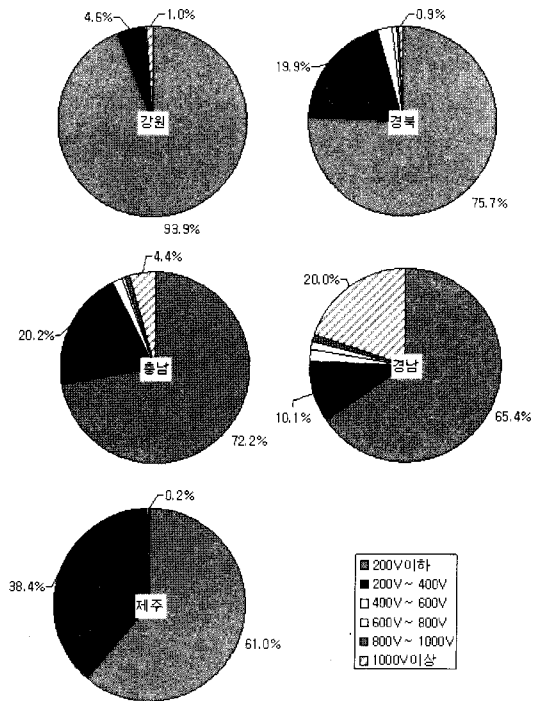


그림 15. 지역별 유도뢰 전압 분포
Fig. 15. Regional lightning-induced voltage distributions in Korea.

도에 발생된 뇌격 전류 크기가 여름철에 비해 겨울철에 높은 비율을 차지하고 있는 것과 연관이 있다. 그림 14는 2006년도 여름철과 겨울철의 KLDnet에서 제공하는 뇌격 전류 분포를^[11] 분석한 것으로, 겨울철 낙뢰 발생 수는 여름철의 2% 이내로 불과하지만, 여름철에는 90 kA 이상의 비율이 9%인 반면, 겨울철에는 48%로서 높은 뇌격 전류를 동반하는 낙뢰가 많이 나타났다.

1년간 통신선로에서 측정되는 유도뢰 전압 발생 빈도는 한 구간에서 적은 경우 수회에 불과한 반면,

낙뢰 다발 지역에서는 수 천~수 만 번의 유도뢰 전압이 측정되기도 하였다. 이러한 구간에서는 통신 케이블의 유지 관리, 그리고 단말 장치 및 보호 장치의 사용은 특별한 관리가 필요할 것이다.

그림 15는 전국에서 낙뢰 발생이 많은 4개 지역과 낙뢰 발생이 적은 제주 지역에 대한 유도뢰 전압 크기 분포이다. 충남, 경남 지역이 타 지역에 비해 1 kV 이상의 비율이 높게 나타났고, 강원, 제주 지역은 400 V 이하가 99 %를 차지하였다.

정보기기류의 신호선 및 통신 포트의 전파와 내성에 관한 국내 기준에 따르면 2007년 이전에는 1 kV, 2007년부터는 1.5 kV를 10회 인가하여 시험하고 있다^[12]. 하지만 실제 현장에서는 지역에 따라 많은 번도의 매우 큰 유도뢰 전압에 노출되어 있다. 특히 1 kV 이상이 다수 발생하는 지역에서 보호기가 설치되지 않은 경우에는 통신선로에 접속된 정보기기의 많은 피해가 발생할 수 있다. 낙뢰 보호 대책에 대한 국내 기준은 명확하지 않으며 경험적으로 시행하고 있다. 한편, 낙뢰로부터 통신 시설 보호를 위해 국제 표준을 이용하여^{[9],[13]} 위험성 평가를 하여 대책을 할 수도 있지만 본 논문에서 측정된 결과를 바탕으로 낙뢰 주요 발생 구간에 적용할 수 있을 것이다. 이상과 같이 앞에서 보인 유도뢰 전압 분포는 넓은 지역에 대한 통계 데이터를 보였지만 유도 전압 측정 시스템을 통해 특정 통신선로에서 발생된 유도뢰 전압을 세부적으로 확인할 수 있기 때문에 각 통신선로 및 여기에 접속되어 있는 장치의 고장 발생 현황을 종합적으로 분석하여 낙뢰 보호 대책에 활용할 수 있다.

V. 결 론

낙뢰로 인해 통신선로에 나타나는 유도뢰 전압을 측정하여 파두장, 파미장, 파두장 상승율 등 파라미터에 대한 통계적으로 분석하였고, 선로 조건에 따른 유도뢰 전압의 파라미터 변화를 분석해 보았다. 또한, 전압 측정만을 할 수 있는 측정기를 전국적으로 설치하여 2006~2007년 측정된 전압으로부터 유도뢰 전압의 분포, 계절별 유도뢰 전압의 분포를 분석하였다. 국내의 경우, 200 V 이하의 유도뢰 전압 분포가 90 %를 차지하였고, 장치의 서지 내성 시험

측정값 1 kV 이상은 1.95 %를 차지하였다. 계절적으로 여름철에 낙뢰 발생 회수는 높지만 2006년의 경우에는 겨울철에 유도뢰 전압이 높은 경향을 보였다. 또한, 한 개의 구간에서 유도뢰 전압 발생 빈도가 많은 경우에는 1년에 수 천~수 만 번에 이르는 경우도 있었다. 따라서 낙뢰 다발 지역의 경우, 선로 및 낙뢰 보호 시설의 주기적인 점검을 통해 보호 성능을 유지해야 할 필요가 있다. 이와 같은 누적된 데이터는 통신선로 및 이에 접속되어 있는 장치의 보호 기능 설계, 통신 장치의 서지 내성 설계 및 국내 환경에 적합한 낙뢰에 대한 위험 분석 등 경제적인 낙뢰 대책에 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-T Recommendation K.20, *Resistibility of Telecommunication Equipment Installed in a Telecommunications Centre to Overvoltages and Overcurrents*, 2003.
- [2] ITU-T Recommendation K.21, *Resistibility of Telecommunication Equipment in Customer Premises to Overvoltages and Overcurrents*, 2003.
- [3] ITU-T Recommendation K.67, *Expected Surges on Telecommunications and Signaling Networks Due to Lightning*, 2006.
- [4] Hiroaki Koga, Tamio Motomitsu, "Lightning-induced surges in paired telephone subscriber cable in Japan", *IEEE Trans. on EMC*, vol. 27, pp. 152-161, Aug. 1985.
- [5] H. Yamane, M. Sato, T. Ideguchi, and M. Tokuda, "New lightning surge test method for subscriber telecommunication equipment considering nearby lightning return stroke", *IEICE Trans. Commun.*, vol. E78-B, pp. 193-197, Feb. 1995.
- [6] T. Tominaga, N. Kuwabara, J. Kato, A. Ramli, A. Halim, and H. Ahmad, "Characteristics of lightning surge induced in tele-communication center in tropical area", *IEEE Trans. on EMC*, vol. 45, no. 1, pp. 82-91, Feb. 2003.
- [7] 주재철, "시간영역 유한차분법을 이용한 외부 전파와 가공통신선로의 결합 현상 해석", 충남대

학교 박사학위논문, 2001.

- [8] ITU-T handbook, *The Protection of Telecommunications Lines and Equipment against Lightning Discharges*(Chapter 10), 1995.
- [9] IEC61663-2, *Lightning protection - Telecommunication Lines - part 2 : Lines Using Metallic Conductor*, 2001.
- [10] Lightning and Insulator Subcommittee of the T&D Committee, "Parameters of loghtning stroke: A

review", *IEEE Trans. on Power Delivery*, vol. 20, no. 1, pp. 346-358, Jan. 2005.

- [11] <http://www.lightning.or.kr>
- [12] 전파연구소 고시 제2006-127호, 전자파보호기준, 2006.
- [13] ITU-T Recommendation K.39, *Risk Assesment of Damage to Telecommunication Sites Due to Lightning Discharge*, 1996.

오 호 석



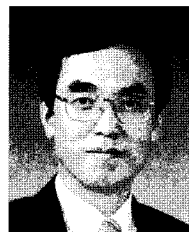
1991년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
 1993년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
 1993년~현재: KT 미래기술연구소 수석연구원
 2005년~현재: TTA지정 IT국제표

준화전문가

2005년~현재: ITU-T SG6 Rapporteur

[주 관심분야] 통신시스템의 EMI/EMC, FTTH, OSP

박 동 철



1974년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1976년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학석사)
 1984년 12월: Univ. of California, Santa Barbara (공학박사)
 1977년~1978년: Ruhr University,

Bochum, Germany 방문교수

1994년~1998년: IEEE MTT Korea Chapter Chairperson

1998년~2001년: IEEE EMC Korea Chapter Chairperson

2000년~2001년: 한국전자파학회 회장

2005년~2007년: 대덕 Wireless 포럼 회장

1976년~현재: 충남대학교 전파공학과 교수

[주 관심분야] Microwave and Millimeterwave Passive Components, Antennas, EMI/EMC