

## 뇌방전에 의해서 발생하는 전계와 자계파형의 파라미터 해석

박 성열\*, 이 복희\*, 전 덕규\*\*

\* 인하대학교 전기공학과  
 \*\* 국립 서울산업대학교 자동차공학과

### Parameter Characteristics of the Electric and Magnetic Field Waveforms Associated with Lightning Discharges

Sung-Yeol Park\*, Bok-Hee Lee\*, Duk-Kyu Jeon\*\*

\* Dept. of Electrical Engineering, Inha University  
 \*\* Dept. of Automotive Engineering, Seoul National Polytechnic University

#### Abstract

In this paper, in order to obtain the statistic information for parameters of electric and magnetic field waveforms associated with lightning discharges, the electric and magnetic fields produced by lightning discharges in the summer of 1995 were measured by a hemisphere-type electric field sensor and a loop-type magnetic field sensor, which were installed at the campus of Inha University in Incheon. The signals of the electric and magnetic fields were continuously recorded by a transient digitizer having a resolution of 12 bit and a memory capacity of 5000 point.

Negative lightning discharges are produced very more than positive lightning discharges in the summer of Korea. The 10 to 90 % rise time of electric and magnetic fields was 2 ~ 10  $\mu$ s. And the zero-crossing time of electric field was 15 ~ 25  $\mu$ s, whereas that of magnetic field was 20 ~ 30  $\mu$ s.

#### 1. 서 론

뇌방전에 의해서 전하의 이동이 일어나거나 대기 중에 전류가 흐르게 되면 전자파가 발생한다. 뇌방전에 의해서 방사되는 전자파원은 정보화 기기의 제어장치나 통신설비 등의 반도체 기기 및 컴퓨터와 같은 소세력 전자기기의 오동작을 초래하고, 인체에 위해를 미치게 되므로, 이에 대한 영향의 평가와 대책의 수립이 요구된다. 뇌방전 현상의 해석에 있어서 공간 전계와 자계의 각종 파라미터를 파악하는 것은 뇌방전의 악영향을 방지하는 측면에서 대단히 중요하며, 이 분야에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다.<sup>[1]-[3]</sup> 뇌방전시에 관측된 전·자계 변화 파형에는 이의 방사원인 뇌적전류에 관한 정보도 포함되어 있으므로 이들의 파형 형상에 관한 정보의 통계적 해석은 뇌방전 특성의 파악에 유효하다.

따라서 본 논문에서 1995년도 여름에 우리 나라 인천 지역 부근에서 발생한 뇌방전에 의해 방사된 전계와 자계 파형에 관한 각종 파라미터에 대해서 분석·검토한 결과를 기술하였다.

#### 2. 측정시스템 및 측정방법

반구형의 전계센서를 이용하여 구성된 뇌방전에 의해 방사되는 전계측정의 원리와 기본 성능평가 결과와 자계 측정시스템에 대한 연구결과는 이미 발표된 바 있다.<sup>[4][5]</sup> 본 연구에서는 이들의 전계와 자계측정시스템을 이용하여 뇌방전에 의해 방사되는 전계와 자계파형을 동시에 관측할 수 있도록 그림 1과 같은 계측회로를 구성하였다.

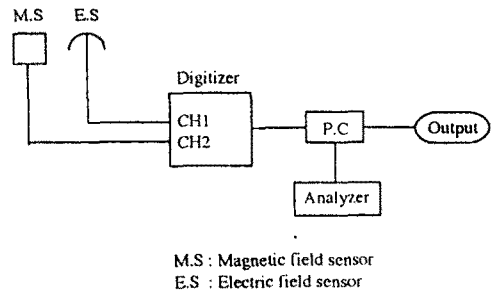


그림 1 전계와 자계파형 측정장치의 개략도

Fig. 1 Schematic diagram of the electric and magnetic field waveform measuring devices

뇌방전은 대단히 불규칙적으로 발생되므로, 계측대기상태에 있다가 전계 또는 자계신호가 입사하는 순간에 검출하고, 데이터를 기록할 수 있는 자동계측 및 데이터기록장치를 구성하였다. 따라서 본 연구에서는 12비트의 분해능을 가지는 측정형 오실로스코프를 이용하였으며, 샘플링시간은 100 ns에서 500  $\mu$ s의 범위로 조절할 수 있다. 계측된 전계와 자계의 신호는 GPIB를 통하여 자동적으로 개인용 컴퓨터로 전송되어 저장되며 신호해석도 가능하다.

제작된 전계와 자계측정계를 인하대학교 교정과 옥상에 각각 설치하였는데, 전계센서는 대지면으로부터 1 m의 높이에 설치하였고, 자계센서는 주변의 철구조물의 영향을 받지 않는 4층 건물의 옥상에 설치하였다. 또한 검출된 전계와 자계신호는 2중 차폐된 동축케이블을 통하여 약 30 m 떨어진 기록장치까지 전송된다.

### 3. 결과 및 고찰

뇌방전에 의해서 전하의 이동이 일어나거나 대기중에 전류가 흐르게 되면 전자파가 발생된다. 뇌방전시에 관측된 전계파 변화 파형에는 이의 방사원인 뇌적전류에 관한 정보도 포함되어 있으므로 이들의 파형 형상에 관한 정보의 통계적 해석은 뇌방전 특성의 파악에 유효하다. 전계와 자계 파형은 상승시간, 영점교차시간과 반대 방향으로의 오버슈트 등의 여러 가지 파라미터에 의하여 특정 지워지는데, 이들 파라미터는 낙뢰 지점 또는 운방전 위치로부터 감지용 센서까지의 거리에 따라 변화된다.

그림 2는 뇌방전에 의한 전계와 자계파형의 파라미터를 나타내고 있다. 상승시간은 파의 시작에서부터 파의 최대치까지 걸리는 시간으로 나타내는데, 본 연구에서는 보다 정확한 정보를 얻기 위하여 그 변화 속도가 특히 빠른 최대치의 10~90 %에 해당하는 시간에 대해서 상승시간(Rise Time ;  $T_r$ )으로 하였다. 영점교차시간(Zero-Crossing Time ;  $T_c$ )은 파의 시작점에서부터 극성이 바뀌는 시점까지 걸리는 시간을 나타내는 파라미터이고, 파의 특성을 나타내는 딥의 깊이(Depth of the Dip ;  $D_p$ )는 파형의 첫 번째 최대값에 대한 반대극성의 두 번째 최대값의 비율을 나타낸다.<sup>[6]</sup>

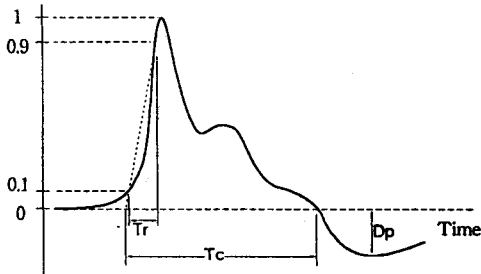
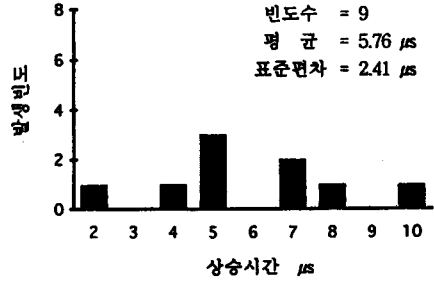


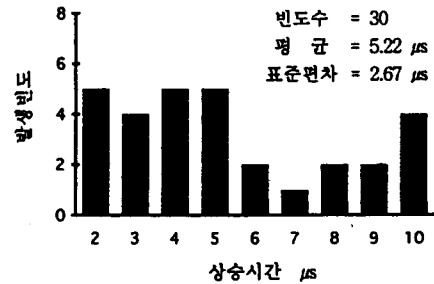
그림 2 뇌방전에 의한 전계와 자계파형의 파라미터  
Fig. 2 Parameters of electric and magnetic field waveform produced by lightning discharge

1995년 여름에 인천 지역에서 발생한 뇌방전에 의해 방사된 전계와 자계파형에 대해 통계적인 분석을 하였다. 그러나, 노이즈 성분이 심하거나 판독이 불분명한 데이터는 분석 대상에서 제외시켰다.

전계와 자계파형에서 시작점을 찾기가 간단한 것만은 아니다. 파두부분은 서서히 변화하는 앞부분과 빨리 변화하는 뒷부분으로 구분되는데, 대부분의 상승시간은 서서히 변화하는 앞부분이 차지하게 되어 파두부분의 특징을 갖는 빨리 상승하는 부분의 특성이 잘 나타나지 않는다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 상승시간을 최대값의 10 %에서 90 %까지 걸리는 시간으로 정의한다. 전계파형의 상승시간 분포를 그림 3에 나타내었으며, 부극성일 경우에는 주로 2 ~ 5  $\mu$ s에 밀집되어 나타났으며, 평균상승시간이 5.22  $\mu$ s이고 표준편차가 2.67  $\mu$ s이다. 반면에 정극성의 평균상승시간은 5.76  $\mu$ s로 부극성의 경우가 더 빠른 상승시간을 보였다. 정극성 전계의 상승시간의 표준편차는 2.41  $\mu$ s이다. 그림 4에서 자계의

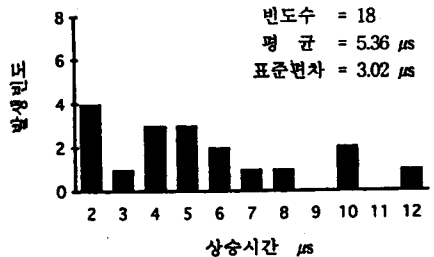


(a) 정극성

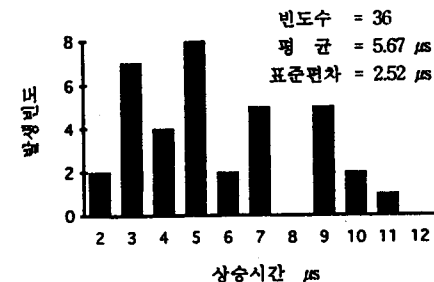


(b) 부극성

그림 3 전계파형의 상승시간  
Fig. 3 Risettime of electric field waveforms



(a) 정극성



(b) 부극성

그림 4 자계파형의 상승시간  
Fig. 4 Risettime of magnetic field waveforms

경우는 부극성이 주로 3 ~ 5  $\mu\text{s}$ 로 밀집되어 나타나지만, 전계의 경우보다 평균상승시간이 다소 느린 5.67  $\mu\text{s}$ 이고 표준편차가 2.52  $\mu\text{s}$ 이다. 정극성의 경우는 전계의 상승시간보다 빠른 것으로 측정되었으며, 평균상승시간이 5.36

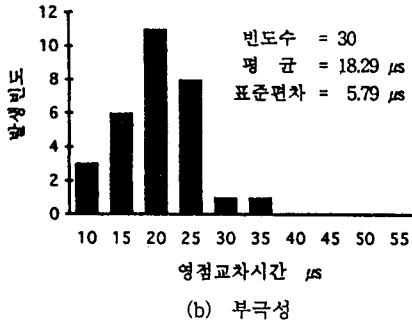
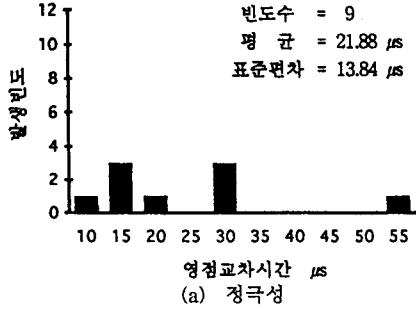


그림 5 전계파형의 영점교차시간

Fig. 5 Zero-crossing time of electric field waveforms

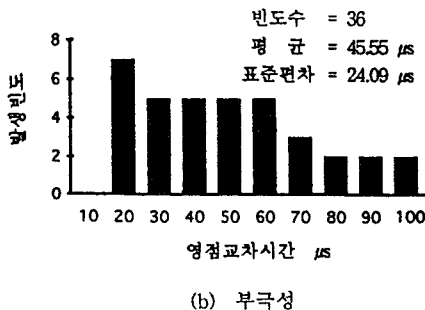
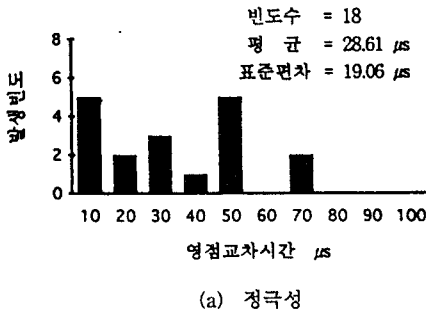


그림 6 자계파형의 영점교차시간

Fig. 6 Zero-crossing time of magnetic field waveforms

$\mu\text{s}$ 이고 표준편차가 3.02  $\mu\text{s}$ 이다.

영점교차시간은 파형의 최대치의 10 %와 90 %의 두 좌표의 연장선과 x축과 만나는 지점을 파형의 시작점으로 하여 그 시간부터 파형의 극성이 바뀌는 시점까지 걸리는 시간으로 정의하였다. 그림 5와 6에서 부극성의 경우, 전계의 평균영점교차시간의 18.29  $\mu\text{s}$ (표준편차는 5.79  $\mu\text{s}$ 이다)보다 자계의 평균치는 45.55  $\mu\text{s}$ (표준편차는 24.09  $\mu\text{s}$ 이다)로 파미부분이 2배 이상 길게 나타났다. 반면에 정극성의 경우는, 전계의 평균영점교차시간이 21.88  $\mu\text{s}$ , 표준편차가 13.84  $\mu\text{s}$ 이고, 자계는 영점교차시간의 평균치가 28.61  $\mu\text{s}$ , 표준편차가 19.06  $\mu\text{s}$ 로 비교적 유사한 측정값을 얻었다. 아울러 전계의 분포는 평균값 상하로 밀집된 형태로 나타났지만, 자계의 분포는 평균값보다 작은 쪽에 증점적으로 나타났다. 전계의 경우는 부극성이 정극성의 영점교차시간보다 더 짧게 측정된 반면, 자계의 경우는 오히려 부극성이 더 긴 평균시간을 갖는다. 그리고, 전계의 영점교차시간이 자계보다 더 짧게 나타났다.

첫 번째 최대치와 반대극성의 두 번째 최대치의 비율을 나타내는 덩의 깊이는 부극성의 경우 전계가 52.40 % (표준편차는 26.27 %이다)로 43.61 % (표준편차는 28.25 %이다)의 자계보다 더 크게 나타났으며, 고르게 분산되었다. 정극성의 경우 전계의 덩의 깊이는 평균치가 45.27 %, 표준편차가 19.17 %이고, 자계는 평균치가 34.86 %, 표준편차가 26.29 %로 측정되었다. 전계나 자계 모두 정극성보다는 부극성의 경우가 더 크게 나타나는 경향이 있다.

#### 4. 결론

뇌방전에 의해 방사되는 파형을 통계적인 방법에 의해 분석을 수행한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 우리나라의 여름 동안에는 정극성 뇌방전보다는 부극성 뇌방전이 보다 지배적으로 많이 발생한다.
- (2) 상승시간은 전계의 경우 부극성이 정극성보다 더 빠른 상승시간을 갖는 반면, 자계의 경우는 부극성이 정극성보다 더 느리다.
- (3) 영점교차시간은 전계가 자계보다 더 짧게 나타났다.
- (4) 덩의 깊이는 전계·자계 모두 부극성이 정극성보다 더 크게 나타났고, 전계가 자계보다 더 크다.

#### 참고 문헌

- [1] Bok-Hee Lee, M. Ishii and J. Hojo, "Characterization and Evaluation of the Electric Fields Produced by Lightning Return Strokes", Proc. of 4th Annual Conference of Power & Energy Society, IEE of Japan, pp.545~546, 1993.7
- [2] 李福熙, 石井 勝, 北條 準一, "뇌방전에 의하여 발생하는 전계파형", 대한전기학회 방전 및 고전압·방전연구회 춘계학술발표회 논문집, pp.4~7, 1993.5
- [3] F. Heidler, "E(t)-signals of Near Lightning Strokes Using Vedio Tape Recorder", Proc. of 22nd International Conference on Lightning Protection, R1c-03, pp.1~6, 1994.10
- [4] 이 복희, 안 창환, 길 경석, "뇌방전에 의하여 발생하는 전계의 자동측정시스템", 센서 학회지, Vol.5, No.2, pp.47~53, 1996
- [5] 이 복희, 길 경석, 하 봉철, "뇌방전에 의하여 발생하는 자계의 자동측정시스템", 대한전기학회 논문지 투고중
- [6] M. Ishii and J. Hojo, "Statistics on Fine Structure of Cloud-to-Ground Lightning Field Waveforms", J. Geophys. Res., Vol.94, No. D11, pp.267~274, 1989