

운방전에 의한 뇌전자장 펄스의 특성

이복희, 이동문, 정동철, 이승철*, 안창환**
 인하대학교, (주)하진중공업*, 한국전력공사**

Statistical Characteristics of the Electromagnetic Pulses Radiated from Intracloud Discharges

B.H. Lee, D.M. Lee, D.C. Jeong, S.C. Lee*, C.H. Ahn**
 Inha University, HanJin Heavy Industries & Construction*, KEPCO**

Abstract - In this paper, the waveform parameters of electromagnetic pulses radiated from intracloud discharges were presented. The zero-crossing times and the full pulse widths of the large bipolar electromagnetic pulses due to intracloud discharges are gradually decreased as the stroke proceeds. Also, the electromagnetic pulses tend to be bipolar, with narrow and fast leader pulses superimposed on the initial half cycle. The mean numbers of leader pulses superimposed on the initial half cycle were 1.61 ± 0.74 and 1.75 ± 0.73 for the positive and negative polarities, respectively.

전장 센서는 반구형으로 제작하였으며, 센서의 직경은 30 [cm]이고, 센서의 하부에 증폭기 및 버퍼회로를 설치할 수 있게 급속함을 만들어 신호처리회로 및 축전지를 내장하였다. 과도신호해석기의 분해능은 12 [bit]이며, 검출된 신호를 200 [ns]의 샘플링시간으로 디지털화시켜 1 event당 512 [kbyte]로 저장된다. 전장측정시스템의 주파수대역은 200 [Hz]~1.56 [MHz]이고, 응답감도는 0.96 [mV/V/m]이다.

1. 서 론

최근에는 초소형 고속 반도체 소자의 출현으로 초고밀도의 집적회로를 사용하는 전자기기의 개발과 이의 이용이 일반화 되면서 운방전에 의한 피해와 이에 따른 문제점이 대두되었다. 따라서 본 연구에서는 운방전에 의해서 방사되는 뇌전자파 펄스를 측정하여 이들의 물리적 특성을 분석하기 위한 목적으로 광대역 전자장 측정시스템을 구성하여 뇌방전에 의해서 방사되는 전장 파형을 측정하고 분석하는 연구를 수행하였다. 또한 운방전에 의해 방사된 뇌전자장 펄스의 특성을 검토하고, 뇌전자장 펄스의 영점교차시간, 펄스폭, 중첩펄스의 발생빈도와 시간간격 등의 파라미터를 통계적으로 분석하여 EMI/EMC에 관련된 기초 자료의 제공을 위한 결과를 발표한 다.

2. 실 험

뇌방전에 의해서 대기중에 방사되는 전장 파형을 검출하고 기록할 수 있는 시변성 전자장 계측시스템을 구성 하였으며, 그의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

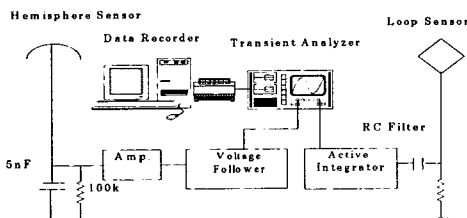


그림 1. 뇌방전에 의한 전자장측정시스템
 Fig. 1. Instrument system for measuring lightning electromagnetic fields

3. 결과 및 고찰

3.1 뇌전자장 펄스 파라미터

운방전에 의해서 발생하는 전자장 파형은 양극성으로 상승 부분에 리더 펄스의 중첩 등 명확한 특징을 가지고 있으며, 그림 2에는 전자장 펄스의 파라미터의 정의를 나타내었다. 운방전에 의해서 발생한 전자장 펄스에 대하여 정극성과 부극성으로 나누어 분석하였으며, 극성의 구분은 동시에 관측된 전장 파형을 기준으로 판정하였다.[1],[2]

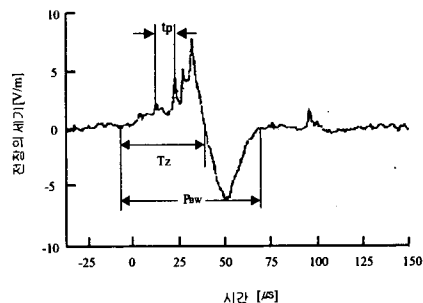


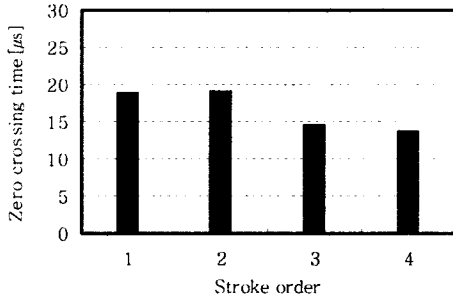
그림 2. 전자장 펄스 파형파라미터의 정의
 Fig. 2. Definition of the waveform parameters of the electromagnetic pulses

영점교차시간(T_z)은 파형이 시작되는 규약원점으로부터 극성이 바뀌는 시점까지 걸리는 시간을 나타내고, 펄스폭(P_{bw})은 운방전의 영점으로부터 펄스의 피크를 지난 후 역극성의 피크를 지나 나타나는 영점까지의 시간을 운방전의 펄스폭으로 정하였다.

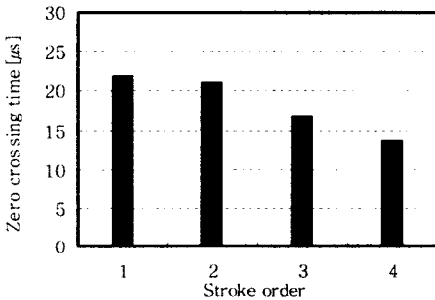
3.2 영점교차시간의 분포

운방전은 펄스상 형태로 나타나지만 본 연구에 사용된 시스템의 한계로 평균적으로 펄스가 4개까지 관측되었으며, 데이

터 분석의 신뢰도를 위하여 펄스가 4개까지 관측된 파형에 대하여 분석을 수행하였다. 전장 펄스에 대한 영점교차시간의 분포를 그림 3에 나타내었다.



(a) 정극성

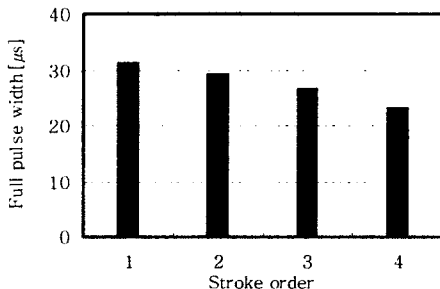


(b) 부극성

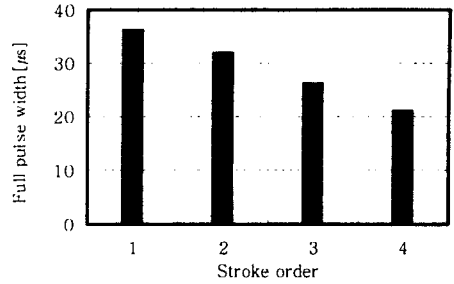
그림 3. 전장 펄스의 평균 영점교차시간의 분포
Fig. 3. Distributions of the mean zero crossing time of the electric fields

3.3 펄스폭의 분포

전자장 파형의 펄스폭 분포에 대해서 통계적으로 분석한 결과를 그림 4에 나타내었다. 운방전의 펄스폭 분포는 극성의존성이 거의 나타나지 않았으며, 후속뇌격으로 진행할수록 점차적으로 감소하는 경향이다. 전장 파형에서는 정극성에 대해서 제 1뇌격에서 후속뇌격으로 진행할수록 감소하고 있음을 볼 수 있다.



(a) 정극성



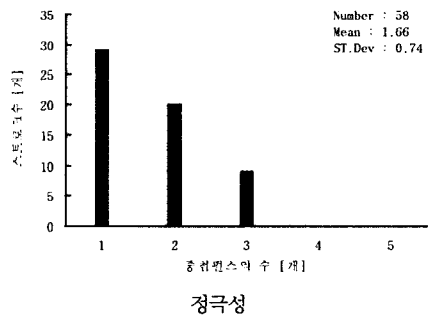
(b) 부극성

그림 4. 전장 파형의 펄스폭의 분포
Fig. 4. Distributions of the full pulse width of the electric fields

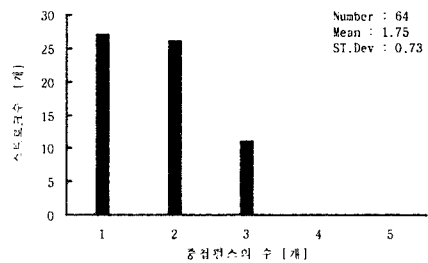
해외의 여러 연구자의 결과를 비교해 볼 때 펄스폭의 차이가 약간 나타났으며, 계절적 영향이 큰 것으로 나타났다. 특히 열대지방과 아열대 지방에서의 펄스폭이 길게 나타났다.[3,4]

3.4 파두부분에 중첩된 펄스의 특성

그림 5에는 주 방전에 의해서 발생한 LEMP의 파두부에 발생한 중첩펄스의 발생빈도에 대한 분포를 나타내었다. 정극성의 경우에는 중첩펄스의 평균 발생빈도가 1.66으로서 중첩펄스의 수가 1개인 경우에 가장 많았다. 부극성 주 방전에 의한 전자장 파형의 파두부분에 중첩된 펄스의 평균 발생빈도는 1.75로서 정극성의 경우보다는 다소 크게 나타났으며, 대부분의 스트로크가 빈도수 1~2에 주로 분포되어 있다.



정극성



부극성

그림 5. 파두부분에 중첩된 리더펄스수의 분포
Fig. 5. Number of the leader pulses superimposed on the initial half cycle

4. 결 론

운방전에 의해 방사되는 전자기장 파형을 측정하고, 전자기장 펄스의 특성 및 영점교차시간과 펄스폭의 파라미터를 통계적으로 분석한 바 전자기장의 파형은 초기 상승부에 리더 펄스가 중첩되며 양극성의 형태를 나타내는 특징을 가지고 있다. 영점교차시간은 주로 10~30 [μs] 범위에 분포되었다. 뇌방전에 의해서 발생하는 전자기장 파형에 대한 데이터를 통계적으로 분석한 결과는 EMI/EMC 관련 기본기술의 확립에 유용한 기본 데이터로 활용될 것으로 기대된다.

본 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라구축 지원사업의 지원에 의하여 수행된 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] B. H. Lee, S. C. Lee, C. H. Ahn and T. Kawamura, "Physical Properties of Radiation Fields Produced by PMultiple In-Cloud Lightning Discharges", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.40, pp.299-306, 2001.
- [2] C. D. Wiedman and E. P. Krider, "The Radiation Field Wave Forms Produced by Intracloud Lightning Discharge Processes", J. Geo. Res., Vol. 84, No. C6, pp.3159-3164, 1979.
- [3] E. P. Krider, G. J. Radda, and R. C. Noggle, "Regular Radiation Field Pulses Produced by Intracloud Lightning Discharges", J. Geo. Res., Vol.80, No.27, pp.3801-3804, 1975.
- [4] V. Cooray and S. Lundquist, "Characteristics of the Radiation Fields from Lightning in Sri Lanka in the tropics", J. Geo. Res., Vol.90, No.D4, pp.6099-6109, 1985.

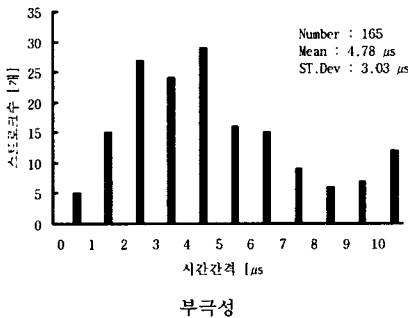
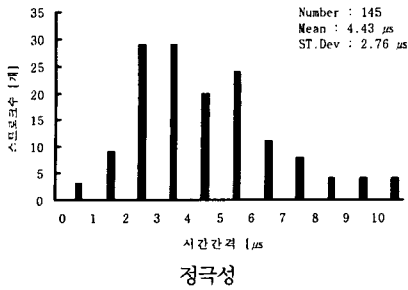


그림 6. 파두부분에 중첩된 리더펄스사이의 시간간격
Fig. 6. Time intervals between the leader pulses superimposed on the initial half cycle

주 방전에 의해 발생한 LEMP의 파두부에서 중첩된 리더펄스의 피크점사이의 시간간격(tp)에 대한 스트로크 분포를 그림 6에 나타내었다. 정극성의 주 방전 펄스의 파두부분에 나타난 중첩펄스의 평균 시간간격은 4.43 μs로서 대부분 2~7 μs사이의 넓은 범위에 분산되어 있어 상승부에서 중첩되어 발생하는 중첩펄스가 불규칙적으로 발생하는 것을 알 수 있다. 부극성인 경우에는 평균 시간간격이 4.78 μs로서 정극성인 경우보다는 약간 길게 나타났으나, 스트로크의 분포는 정극성과 비슷한 분포를 보이고 있으며, 10 μs를 초과하는 경우도 더 많은 수의 스트로크가 나타났다.