

낙뢰에 의하여 발생하는 자계파형측정 시스템의 구성.

이복희*, 0하봉철*, 길경석*, 백용현*, 이영근**
인하대학교 전기공학과*, 한국 EMI**

Construction of the Measuring System for Magnetic Field Waveform Associated with Lightning Return Strokes.

B. H. Lee*, 0B. C. Ha*, G. S. Kil*, Y. H. Paek*, Y. K. Lee**
Inha University*, Korea EMI**.

Abstract

This paper describes the measurement system of the magnetic field waveforms generated by lightning return strokes. The frequency bandwidth of magnetic field measurement system is from 270 [Hz] to about 2.3 [MHz]. As the application experiment, the magnetic field generated by simple impulse and oscillating impulse currents, which are measured by a current transformer (Tek. AM503), is observed by the trial magnetic field measurement system. The obtained results are agreement with each other. A typical magnetic field waveform associated with lightning return strokes was recorded and presented.

1. 서론

정보화 사회가 진행됨에 따라서 뇌에 관한 연구의 방향은 새로운 접근방법이 요구되고 있다. 최근 컴퓨터 등 정밀기기의 이용이 증대되고 국민 문화생활이 고급화 됨에 따라 요구되는 전력계통은 더욱 복잡하여지고, 고품질의 전력에 대한 안정적 공급의 필요성은 한층 높아지고 있다. 그러나 송전선은 가혹한 자연환경 속에 노출되어 있어 자연조건(낙뢰, 바람, 비, 눈) 등이 주요 사고 원인이 되고 있으며, 그 중에서도 낙뢰에 의한 사고가 전력계통 및 전력설비에 주는 피해는 막대하다. 세계적으로 이 분야에 대한 많은 연구와 뇌해대책에 관한 연구성과 덕분에 전력설비의 피해는 상당히 줄어들고 있는 추세이다¹⁾

가공 송전선의 낙뢰에 의한 사고율은 송전전압의 격상과 더불어 절연내력이 높아지기 때문에 감소추세이긴 하지만 자연뢰에 의한 사고 대책은 아직도 많은 연구를 필요로 하고 있다. 우리나라의 경우 낙뢰로 인한 피해의 종합적인 통계는 정확하게 밝혀지지 않았지만 한국 전력공사의 통계에 의하면 낙뢰에 의한 피해는 연차적으로 감소하고 있다. 1980년대의 전력계통고장의 약 34%가 낙뢰에 의한 고장인 것으로 보고되고 있다. 우

리나라에서 차기송전전압으로 선정된 765 [kV]의 송전선이 시험운전중에 있으며, 이와 같은 주요송전선의 사고는 사고의 범위가 대단히 넓고 지대하므로 무정전공급을 실현하기 위하여는 자연뢰에 의한 사고방지가 매우 중요하며, 우리나라 부근에서 발생하는 낙뢰의 특성을 파악하는 것이 뇌해방지를 위한 선결과제라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 낙뢰시 발생하는 자계의 특성을 파악하기 위하여 낙뢰에 의하여 유도 또는 방사되는 자계를 감지할 수 있는 측정시스템을 구성하였다. 적용 실험으로는 대전류발생장치에서 발생하는 뇌임펄스전류 파형과 진동성과도전류파형에서 발생하는 자계를 측정 시스템으로 감지하여 파형 비교 및 분석하였으며, 낙뢰에 의하여 발생된 자계파형을 제시하였다.

2. 실험계의 구성과 방법

본 연구에서 구성한 자계측정시스템은 동축케이블을 이용한 루프형 자체센서와 이것에 의하여 감지된 신호는 자속의 변화에 대한 시도함수로 나타나게 되므로 실신호로 나타나기 위해서는 연산증폭기를 이용한 능동성적분기를 적용하였으며, 이의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

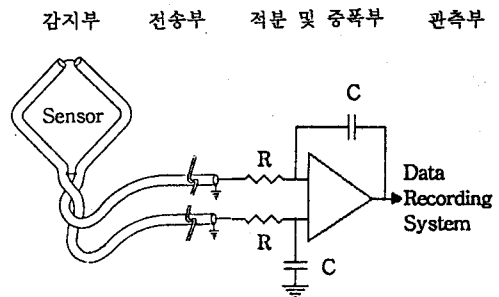


그림 1. 자계측정계의 개략도.

Fig. 1. Schematic diagram of magnetic field measurement system

연산증폭기는 입력임피던스가 10^{12} [Ω]인 고입력임피던스용 증폭기로서 주파수대역이 70 [MHz]이며 다양한 신호에 대해서 고응답특성을 가지는 LH0032를 사용하였다. 제작된 측정시스템의 응답도와 주파수대역 등 계측기로서의 기본성능을 파악하기 위한 교정실험으로 단위계단응답특성을 측정하였다. 변류기법을 적용하여 직각과 응답파형의 상승시간과 감쇠시정수를 측정하였으며, 이 결과를 기초로 하여 주파수대역을 결정하였다.

또한 12bit 자동기록장치(Nicolet Pro30)를 이용하여 낙뢰에 의하여 발생하는 자계파형을 200 [ns]샘플링시간, 2 kilowords의 시간대역으로 판측하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 교정실험

자계센서는 동축케이블(RG/58)을 이용하여 0.5 [m] x 0.5 [m]의 크기로 하여 서로 직교하도록 제작하였다. 측정계의 응답감도를 알아보기 위하여 가로, 세로가 1.5 [m] x 1.5 [m]인 사각도체를 이용한 교정계를 구성하고, 이에 구형파 전류를 인가하여 그림 2와 같이 루우프형 자계센서를 설치하여 본 측정시스템의 응답감도를 측정하였다.^[2] 사각도체는 도체중심에서 멀어질수록, 그리고 모서리부분에서 자계의 세기가 강해지며, 루우프형 자계센서의 범위에서 자계의 세기는 평균하여 3%이내로 균일하였다. 이 때의 자계의 세기를 평균하여 산출한 본 측정계의 단위자속밀도에 대한 응답전압 즉, 응답감도는 7.35×10^{-3} [$\mu\text{T}/\text{mV}$]이었다.

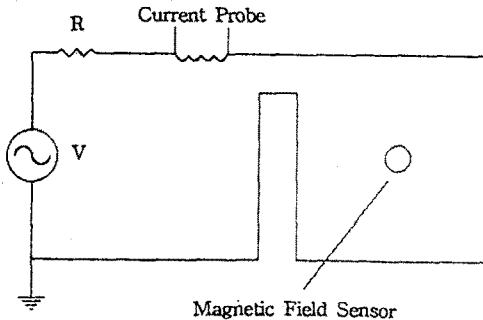


그림 2. 자계측정계의 교정회로.

Fig. 2. Calibration circuit of magnetic field measurement system.

주파수대역을 결정하기 위하여 정현파 입력에 대하여 측정된 결과, -3 [dB]의 저역측차단주파수는 270 [Hz]정도이고, 고역측차단주파수는 2.3 [MHz]이었다.

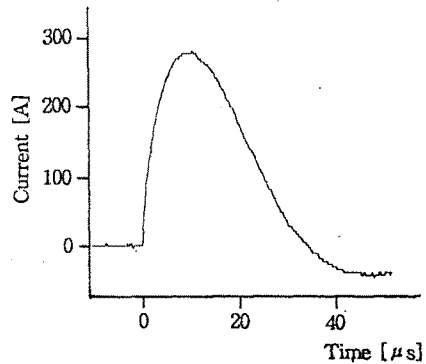
3.2 적용실험

제작된 자계측정계를 이용하여 대전류발생장치에 의하여 뇌임펄스전류파형과 진동성과도전류파형을 가지는 전류가 흐를 때 발생하는 자계 파형을 본 연구에서 제안한 자계측정시스템으로 측정한 결과와 전류프로브로

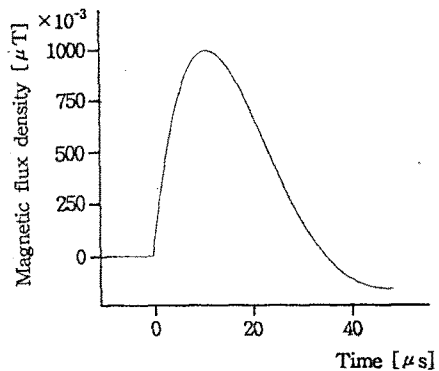
측정한 전류파형을 비교, 분석하였다.

3.2.1 뇌임펄스전류파형에 의한 자계

표준뇌임펄스전류파형이 8/20 [μs]이므로 이것과 비슷한 단일임펄스전류인 대전류발생장치에서 발생하는 파형을 7/22.5 [μs]로 하여 실험하였다. 대전류발생장치에 흐르는 전류에 의하여 발생하는 자계를 5 [m] 떨어진 위치에 루우프형 자계센서를 설치하여 측정하였다. 그림 3은 대전류발생장치에서 발생하는 전류파형과 본 연구에서 제안한 자계측정시스템으로 측정한 자계파형을 나타내었다. 두가지 파형의 상승시간과 감쇠시정수를 측정한 결과 일치하였다.



(a). 임펄스전류파형



(b). 자계파형

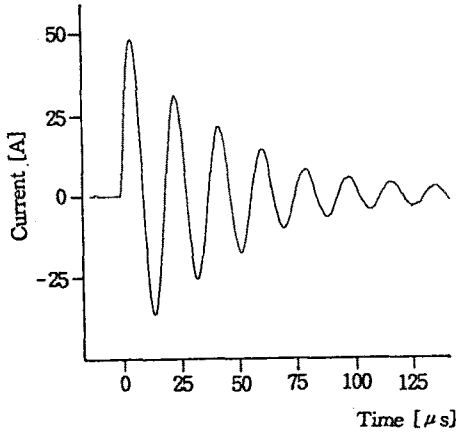
그림 3. 임펄스전류파형과 자계측정계로 측정한 파형

Fig. 3 Impulse current waveform and magnetic field waveform measured by the magnetic field measurement system.

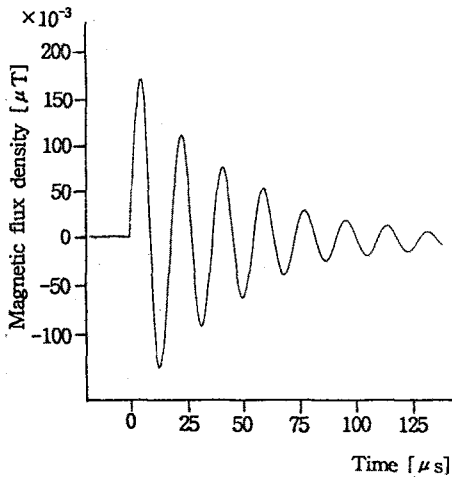
3.2.2 진동성과도전류파형에 의한 자계

주파수가 1.3 [kHz], 7 [kHz], 53 [kHz], 500 [kHz]인 진동성과도전류파형을 대전류발생장치에서 발생시켜 루우프형 자계센서를 5 [m] 떨어진 위치에 설치하여 자계를 측정하였다. 서로 다른 4개의 진동주파수를 가지는 진동성과도전류파형을 측정한 결과, 대전류발생장치에서

발생되는 전류파형과 본 연구에서 제안한 자계측정시스템으로 측정된 자계파형의 감쇠시정수와 진동주파수를 분석한 바 거의 동일하였다. 대표적인 예로 주파수가 53 [kHz]인 진동성과도전류파형과 자계파형을 그림 4에 나타내었다.



(a) 진동성과도전류파형



(b) 자계파형

그림 4. 진동성과도전류파형과 자계파형.

Fig. 4. Oscillating transient current waveform and magnetic field waveform.

3.2.3 낙뢰시 발생하는 자계파형의 예

낙뢰시 발생하는 자계변화는 유도성분 및 방사성분으로 구성된다. 즉, 자계의 유도성분은 거리의 제곱에 반비례하고 자계의 방사성분은 거리에 반비례한다. 이것들은 거리에 따라 감쇠특성이 다르기 때문에 관측된 자계파형은 거리에 따라 변화한다. 약 50 [km] 이상 떨어진 곳에서 발생하는 자계파형은 거의 방사성분만이 관측된다. 따라서 낙뢰시 발생하는 자계를 구하여 뇌격전류의 피크치를 다음과 같이 추정할 수 있다.^[3]

$$I = \frac{2\pi cD}{\mu_0 v} B$$

D : 낙뢰점까지의 거리

v : 뇌방전로를 전반하는 전류파의 속도

c : 광속

μ_0 : 진공의 투자율

본 연구에 제안한 자계측정시스템으로 낙뢰시 발생하는 자계파형을 그림 5에 나타내었다. 그림 5의 파형은 약 50 [km]이상의 먼 위치에서 발생한 낙뢰의 자계파형으로 추정된다.

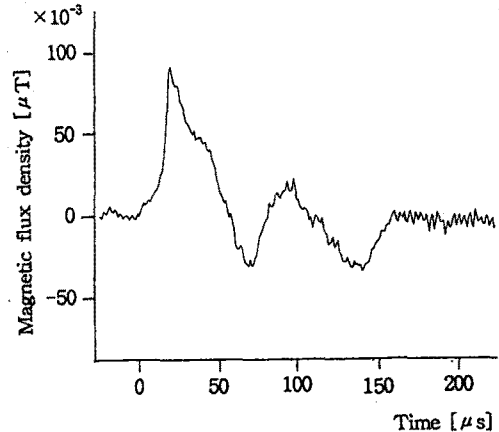


그림 5. 낙뢰에 의해 발생하는 자계파형의 예.

Fig. 5. A typical magnetic field waveform generated by lightning return stroke.

4. 결론

본 연구에서는 낙뢰시 발생하는 자계파형을 자동기록할 수 있는 자계측정시스템을 구성하였다.

(1) 제작된 자계측정계의 주파수대역은 270 [Hz] ~ 2.3 [MHz]이다.

(2) 적용실험을 통해서 임펄스전류파형과 진동성과도전류파형에서 발생하는 자계파형을 측정하고 분석한 결과 거의 일치하였다.

(3) 낙뢰시 발생하는 자계의 주파수는 수십 [kHz] ~ 수백 [kHz] 정도이므로 본 연구에서 구성한 자계측정시스템으로 관측하였을 때 아무런 감쇠없이 자계파형을 측정할 수 있으며, 앞으로 이를 이용하여 낙뢰에 의하여 발생하는 자계파형의 통계적인 해석을 수행하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 홍사우, 김영한, 김재영; "전력계통 낙뢰감지 및 진로예측시스템", 대한전기학회 하계학술대회 논문지 pp.70-73, 1992. 7.
- [2] "IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines." ANSI/IEEE Std644-1987. pp.17-21, 1992.
- [3] 石井 勝, 外: "落雷に伴う電磁界變化波形の特性と評價法", 日本電氣學會論文誌 B, 108권 4호, 昭6