

시변전계 측정용 평판형 전계센서

이복희, 이성현*, 길경석

인하대학교 공과대학 전기공학과

Planar-type Electric Field Sensor for Measuring the Time-varying Electric Fields

Bok-Hee Lee, Sung-Hun Lee*, Gyung-Suk Kil

Dept. of Electrical Eng. Inha University

Abstract

This paper deals with the planar-type electric field sensor which can measure the time-varying electric fields. The theoretical principle and design rule of the sensor are introduced, and also the calibration and application investigations are carried out. From the calibration experiments, the frequency bandwidth of the measurement system ranges from 160 [Hz] to 25 [MHz]. At a high voltage laboratory, the electric fields caused by the impulse voltage and oscillating transient voltage are measured by the proposed sensor. Obtained results are well agreement with the applied voltage waveforms.

따라서 본 연구에서는 전력설비의 운전조작시에 발생하는 뇌임펄스전압, 진동성 과도전압 및 전자환경장해로서 작용하는 시변공간전계를 측정할 수 있는 센서와 시 제작된 측정계에 대하여는 교정실험 및 적용실험을 수행하였다.

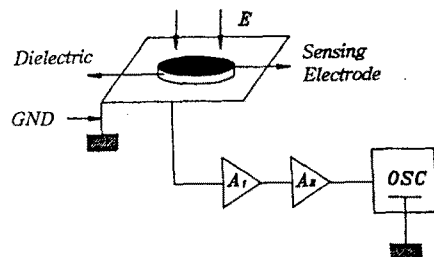
2. 전계센서의 제작과 실험방법

자유공간에 존재하는 전계의 수직성분을 산란없이 측정하는 데에는 평판형 센서가 가장 감도도 좋으며, 정확하게 감지할 수 있으므로 본 연구에서는 감지면이 대지면에 대하여 평행으로 놓일 수 있는 평판형 전계센서를 설계, 제작하였으며, 이의 동작원리도와 등가회로를 그림 1에 나타내었다.

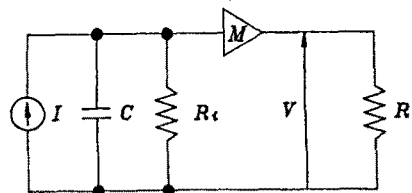
1. 서론

전력 및 통신기술의 발달과 더불어 산업사회시스템이 고도화되고 전력수요가 급증함에 따라 장거리 대용량, 전력계통의 고안정도 및 송전효율의 극대화를 위한 극초고압(Ultra-High Voltage) 송전에 대한 연구가 진행되고 있으며, 뇌임펄스전압과 개폐책-지에 대한 전력계통의 절연협조(Insulation Coordination), 가스절연개폐장치나 가스차단기, 가스절연변압기 등 고성능 전력기기의 개발과 운용의 신뢰성 향상에 대한 관심과 연구가 집중되고 있다.^{[1]-[2]}

전력설비의 대형화와 고전압화로 전력기기에 대한 고전압 대전류시험의 중요성이 점점 부각되고 있으며, 표준충격파전압시험에 있어서 시험전압 및 특성치의 고정도의 측정이 요구되고 있다. 또한 초고압송전선 주변의 전자파원은 전력기기의 제어장치나 보호계전기 등 전자기기 및 컴퓨터와 같은 소재력 기기의 오동작을 초래하고, 인체에 위해를 미치게 되므로 이에 대한 영향의 평가와 대책의 수립이 필요하고, 공간전계의 세기와 성분을 파악하는 것은 대단히 중요하다.



(a) 원리도



(b) 등가회로

그림 1. 평판형 전계센서의 등가회로

Fig. 1. Electrical Equivalent circuit diagram of the planar-type electric field sensor

전계센서의 출력전압 V [V]와 인가전계의 세기 E [V/m]사이의 관계는 센서의 감지전극과 대지사이의 정전용량을 C [F], 센서의 유효감지면적을 A [m²], 증폭기의 입력임피던스를 R_i [Ω], 증폭도를 M 이라고 하면

$$V = \epsilon AM \frac{j\omega R_i}{1+j\omega CR_i} E \quad (1)$$

로 되며, $f \gg 1/2\pi CR_i$ 인 주파수에 대하여는 출력전압이

$$V = \frac{\epsilon AM}{C} E \quad (2)$$

로 표현된다.

센서에 의해 감지된 신호는 시도함수로 나타나기 때문에 실신호로 출력시키기 위하여 수동성적분기와 증폭회로를 구성하였으며, 연산증폭기로는 입력임피던스가 10^{12} [Ω]인 고입력임피던스용이며 주파수대역이 70 [MHz]인 고응답특성을 가지는 LH0032CG를 사용하였다. 또한 신호의 왜곡을 줄이기 위해 증폭기 후단에 Buffer를 연결하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 교정실험

센서의 응답감도와 주파수대역을 알아보기 위해 입력신호의 전송에 필요한 교정실험계를 구성하였는데 본 연구에서는 외부노이즈에 의한 전계의 왜곡이 거의 없는 원주형 가드전극(Cylindrical guard electrode)계를 이용한 교정실험을 수행하였다.^[3]

교정실험계의 개략도는 그림 2에 나타내었다.

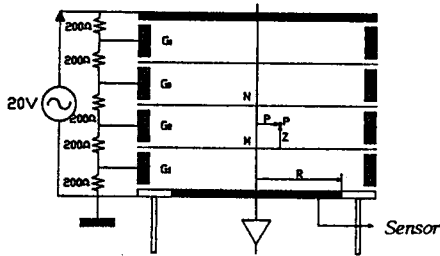
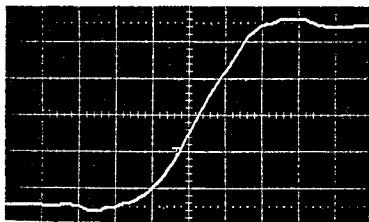


그림 2. 교정실험계의 개략도

Fig. 2. Schematic diagram of the calibration experiment system



[5 mV/div, 5 ns/div]

그림 3. 단위계단응답파형

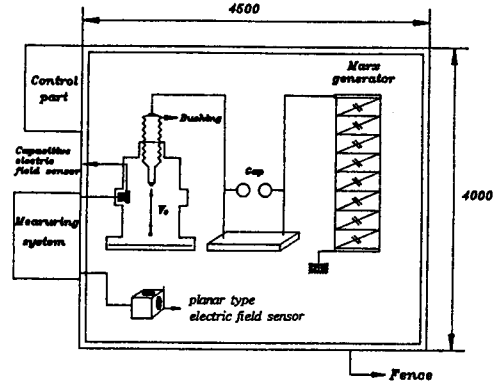
Fig. 3. Waveform of unit step response

전계센서의 단위계단 응답특성시험에 대한 출력파형을 그림 3에 나타내었으며 센서의 상승시간은 약 14 [ns]임을 알 수 있다.

감쇠시정수에 의한 저역측 차단주파수는 160 [Hz]이며 상승시간으로 결정된 고역측 차단주파수는 25 [MHz]이다. 또한 응답감도는 1.2 [mV/V/m]이다.

3.2 적용실험

제작된 전계센서의 적용실험은 임펄스발생장치와 GIS모의실험장치를 갖춘 고전압실험실에서 수행하였으며



단위 : [mm]

그림 4. 적용실험계의 개략도

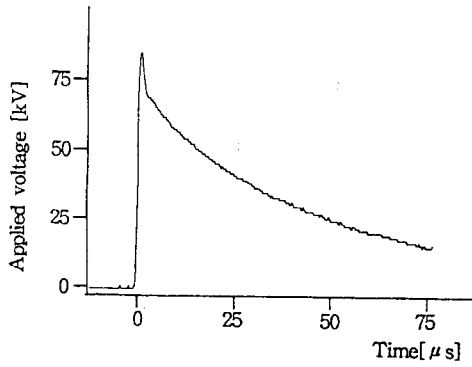
Fig. 4. Schematic diagram of the application experiment system

최대 발생전압이 400 [kV]인 8단식 Marx형 임펄스발생장치와 여기에 방전검, 고압용콘덴서 및 인덕터를 조합하여 구성한 회로를 이용, 뇌임펄스전압과 진동성 과도전압을 발생시켰으며 이 전압들은 임펄스발생장치로부터 약 3 [m]가량 떨어진 곳에 위치한 GIS모의실험장치로 인가되며, 이 때의 인가전압을 용량성 전계센서^[4]로, 주변에서 발생하는 전계를 본 연구에서 제안한 전계센서로 동시에 측정하여 얻어진 파형들을 상호 비교, 분석하였다.

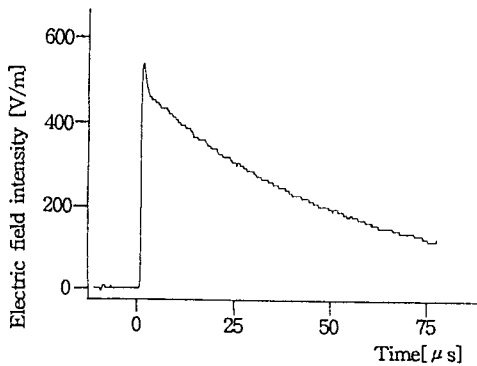
그림4에서 보는 바와 같이 용량성 전계센서는 GIS모의실험장치의 내부에 장착시켰으며, 본 연구에서 제안한 전계센서는 외부에 노출시킨 상태에서 측정하였다.

3.2.1 뇌임펄스전압에 의한 전계

파두장(T_1)과 파미장(T_2)의 크기가 약 1.7/44 [μ s]인 임펄스전압을 발생시켰으며 고전압발생장치에서 3 [m] 떨어진 위치에 본 연구에서 제안한 센서와 용량성 전계센서를 설치하여 측정하였다. 그림 5는 각각에 의해 측정된 전압과 전계파형을 나타내고 있다. 두 파형의 상승시간과 감쇠시정수를 측정한 결과 거의 일치하였다.



(a) 용량성 전계센서



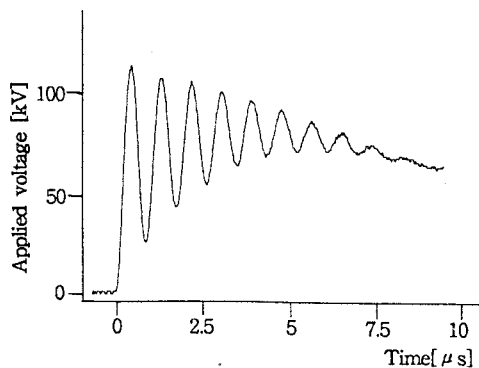
(b) 본 논문에서 제안한 전계센서

그림 5. 임펄스전압에 의한 전계파형

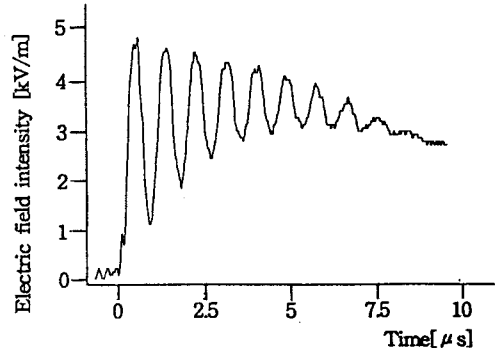
Fig. 5. Electric field waveform caused by the Impulse voltage

3.2.2 진동성 과도전압에 의한 전계

주파수가 약 1.14 [MHz]인 진동성 과도전압을 발생시켰으며, 고전압발생장치로부터 3 [m] 떨어진 위치에서 용량성 전계센서와 동시에 측정한 결과를 그림 6에 나타내었다.



(a) 용량성 전계센서



(b) 본 논문에서 제안한 전계센서

그림 6. 진동성 과도전압에 의한 전계파형

Fig. 6. Electric field waveform caused by the oscillating transient voltage

두 전계파형의 감쇠시정수와 진동주파수를 분석한 바 거의 일치하였다. 그러나 용량성 전계센서에 비해 약간의 왜곡이 생겼는데 이것은 증폭회로의 표류정전용량에 의한 것으로 보여진다.

4. 결론

본 연구에서는 시변공간전계를 측정할 수 있는 평판형 전계센서와 측정계를 구성하였다.

- (1) 시작된 전계센서는 평판형 구조로 하였으며 안정된 신호검출이 가능하고 고감도 특성이 일어났다.
- (2) 본 연구에서 구성한 측정계의 지역측 차단주파수가 160 [Hz]이고 고역측 차단주파수가 25 [MHz]인 광대역의 전계센서를 구현하였다.
- (3) 적용실험을 통해 임펄스전압과 진동성 과도전압에 의해 발생하는 전계파형을 측정하고 분석한 결과, 재측기로서 사용가능함을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 小林眞彦, 熊谷三郎 ; “가스絶縁變壓器巻線モデルの V-t, V-N 特性”, 日本電氣學會論文誌B, 110卷 7號, pp. 533~538, 平成 2年.
- [2] R.P.Corcoran ; “Extremely low frequency exposure limits relative to military electronic system environments”, IEEE INT., EMC symposium, pp. 62~67, Aug. 17~21 1992
- [3] A. Gilardini ; Low energy electron collision in gases, John Wiley and Sons, Inc., pp. 164~166, 1972
- [4] 백용현, 이복희 ; “시변성 전계측정용 센서에 관한 연구”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 318~321, 1991.7.