

# GIS용 광 CT 센서부의 위치와 각도변화에 따른 출력 특성

(A study on characteristic of out-put signal according to angle and sensing position for optical current sensor for GIS)

박정환 · 지승욱 · 이광식 · 김민수\* · 김정배\* · 박원주

(Jung-Hwan Park · Seung-Wook Jee · Kwang-Sik Lee · Min-Soo Kim · Jung-Bae Kim · Won-Zoo Park)  
영남대학교 · \*효성중공업

## 요 약

현재 국내·외에서 GIS(Gas Insulated Switchgear)용 광 CT(optical current transformer)가 활발히 연구·개발되고 있다. 이러한 광 CT는 전력선에 발생하는 자기장에 의해 레이저 빛의 파장 각도가 변하는 현상인 Faraday Effect를 기본 원리로 한 전류측정용 기기이다. 본 논문에서는 GIS용 광 CT 개발을 목적으로 한 기초적 연구로써 자기장이 발생하는 전력선에 장착되는 센서부가 도선을 중심으로 해서 어떻게 위치하느냐에 따른 광 CT의 출력신호를 측정하여 연구하였다.

## 1. 서 론

현재 초고압 송·변전설비 중에 대표적인 전력 기기인 GIS는 절연 및 소호 특성이 탁월한 SF<sub>6</sub> 가스를 이용하여 개폐기기 및 도체를 금속 탱크 내에 같이 내장한 설비이다. 이러한 GIS에서 중요한 위치를 차지하고 있는 것이 대전류를 측정할 수 있는 CT부분으로 GIS에서의 사고예방과 안정된 운영을 위하여 정확하면서도 신뢰성이 보장되는 상시진단을 위한 온라인 전압·전류 측정 및 부분방전의 검출기술의 확보와 전력계통의 자동화, 무인화 디지털화를 동시에 실현시킬 수 있는 방안으로 대전류 측정을 위한 기존의 철심형 CT에서 레이저와 광섬유를 센서부로 이용한 광 CT로 교체하기 위한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다.<sup>[1]</sup>

광 CT는 Faraday effect를 기본원리로 하는 전류측정 기기으로써 현장 주위 환경으로부터 여러 가지 물리적 영향을 받는다. 이러한 물리적 영향들은 광 CT에 있어서 여러 종류의 스트레스 원인이 된다. 스트레스 원인 중 한가지로 진동에 의해 광 CT 내부에 발생할 수 있는 측정대상이 되는 전력선으로부터의 센서부의 위치변화와 각도변화를 고려하여야 한다. 본 논문에서는 전기장이 발생하는 전력선에 장착되는 센서부의 위치에 따른 광 CT의 출력특성을 연구하기 위해 전력선에서 센서부의 위치와 기울기를 변화시켰을 때 출력신호의 변화를 측정하고 연구 분석해보았다.

## 2. 본 론

### 2.1. 관련이론

광 CT에 있어서 자기광학효과 중 Faraday effect는 기본적인 이론이 되며 그림 1에 Faraday effect의 개념도를 나타내었다.

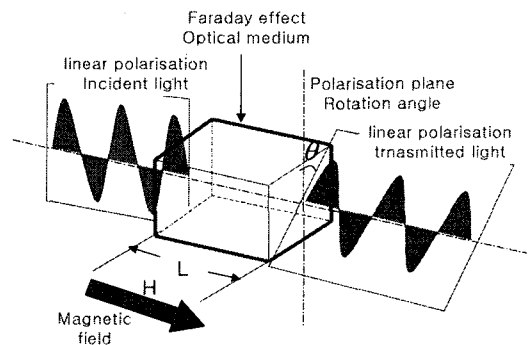


그림 1. Faraday effect의 개념도

Faraday 효과에 의한 회전각  $\theta$ 는, 빛의 진행방향에 가해진 자계 H, Faraday 소자에서의 광 경로 길이 L, 그리고 Verdet 정수 V에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다.<sup>[2]</sup>

$$\begin{aligned} \theta &= V \cdot H \cdot L \cdot \cos\phi \\ &= V \cdot H \cdot L \end{aligned} \quad (1)$$

V : Verdet 상수 [rad/A]

H : 자계의 세기[A/m]

L : Faraday 소자의 길이(광경로 길이)[m]

$\phi$  : 빛의 진행방향과 자기장 사이의 각

## 2.2. 실험장치

본 논문에서는 광 CT 개발을 위한 기초적 연구로 실험 장치는 그림 2에서와 같이 크게 광원부(Laser Diode, Polarizer : E/O변환부)와 센서부(Optical fiber), 검출부(PBS, PinPD, oscilloscope : O/E변환부)로 나눌 수 있다. 먼저 광원으로 사용한 laser는 1310[nm], 최대출력 25[mW]의 Laser Diode를 사용하였고 센서부에는 20[m] 길이의 1310[nm]용 9/125[ $\mu$ m] single mode jacket silica fiber를 센서부에 장착하여 실험하였다. 검출부로는 PBS에서 분리되어 검출한 출력신호 ch1과 ch2를 오실로스코프 이용하여 voltage값으로 검출하였다.<sup>[3]</sup>

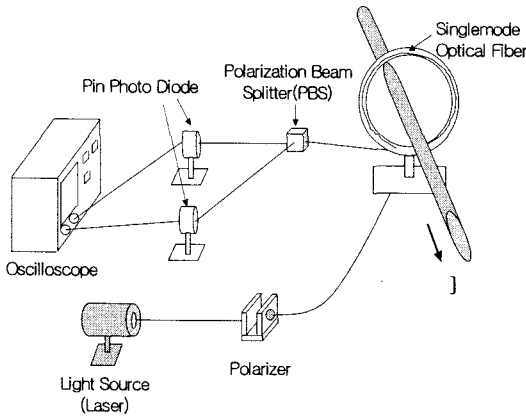


그림 2. 실험장치 개략도

실험 장치 중 센서부는 그림 3과 같이 제작하였다.

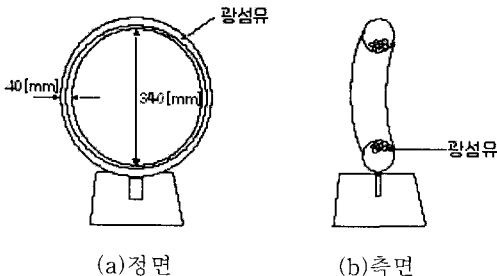


그림 3. 센서부

## 2.3. 실험 방법

본 논문에서는 전력기의 도체, 즉 전력선에 장착되는 센서부와 그 전력선과의 위치와 각도에 따

라 출력신호가 어떻게 변하는지 알아보기 위한 실험을 하였다.

실험은 상온(약 25℃)에서 실시하였다.

<실험1> 그림 4와 같이 센서부 원의 중심을 원점으로 두고 그 원점에서 2[cm], 4[cm], 7[cm], 10[cm] 지점으로 전력선의 위치를 이동시키면서 각 위치에 따라 전류의 세기를 700[A], 1000[A], 1300[A]에서 각각의 출력신호를 측정하였다.

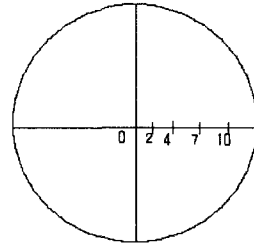


그림 4. 센서부의 측정위치

<실험2> 전류값을 1000[A]로 고정을 하고 센서부를 전력선과의 각도를 시계방향으로 0°와 20°, 40°로 회전시켰을 때 출력신호의 변화를 측정하였다.

## 2.4. 실험 결과 및 고찰

그림 5에서 그림 7까지는 <실험1>으로써 각각 전류값 700[A], 1000[A], 1300[A] 일 때 전력선에 대한 센서의 위치를 2[cm], 4[cm], 7[cm], 10[cm]로 변화시키면서 출력신호를 나타낸 것이다.

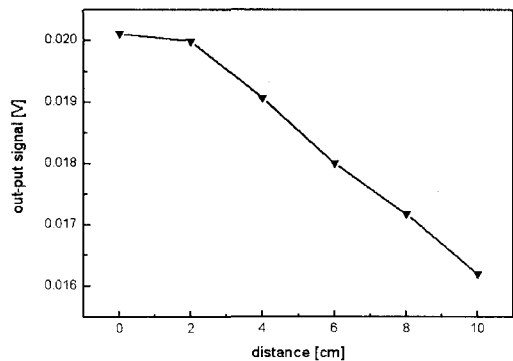


그림5. 700[A]에서의 거리에 따른 출력신호

그림 5를 보면 전력선이 센서부의 중심에서 거리가 멀어질 수 록 출력신호가 감소한다는 것을 알 수가 있다.

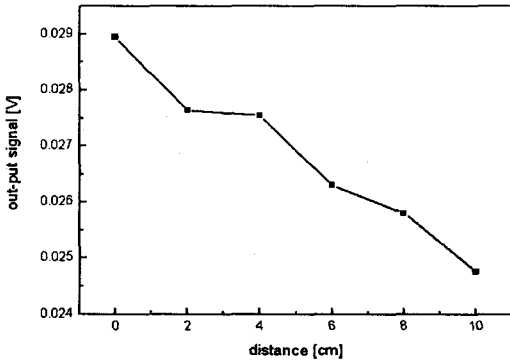


그림 6. 1000[A]에서의 거리에 따른 출력신호

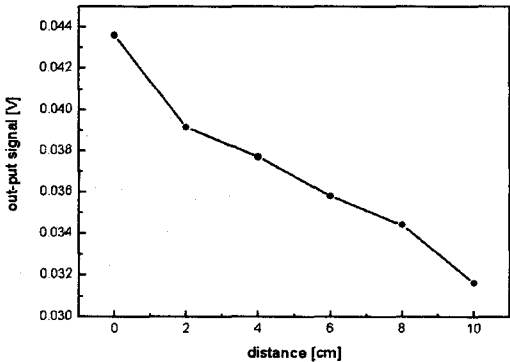


그림 7. 1300[A]에서의 거리에 따른 출력신호

전류값 1000[A]와 1300[A]에 따른 출력신호를 나타낸 그림 6, 그림 7에서도 마찬가지로 전력선이 센서부의 원 중심에서 거리가 멀어질 수록 출력신호가 감소한다는 것을 알 수 있다.

그림 7은 각 전류값에 대한 거리별 출력신호를 한 그래프로 나타낸 것이다.

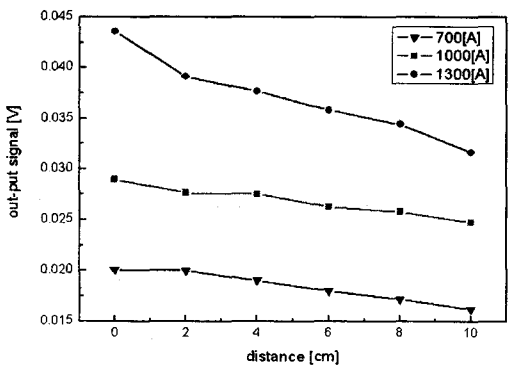


그림 8. 각 전류값에서의 거리변화에 대한 출력신호

전술한 바와 같이 전력선에 대한 센서부의 위치 변화에 따른 출력신호는 센서부의 중심에 전력선이 관통을 하면 출력신호가 가장 크게 나온다는 것을 알 수 있다. 이것은 자기장을 발생시키는 전력선의 중심과 그 전력선을 둘러싸면서 장착되는 센서부의 중심이 일치할 때 Faraday effect의 효과를 최고로 얻을 수 있다는 것을 나타낸다.

그림 9는 <실험2>로써 전류값 1000[A]에서 전력선과 센서부가 이루는 각도를 직각에서부터 시계방향으로 20°, 40° 회전을 시켰을 때 출력신호를 나타낸 것으로 각도 증가함에 따라 출력신호가 작아지는 것을 알 수 있다.

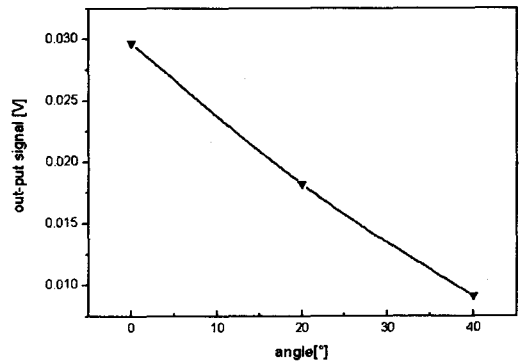


그림 9. 1000[A]에서 전력선과 센서부의 각도변화에 따른 출력신호

### 3. 결론

현재 산업현장에서는 정밀 측정기에 많은 영향을 끼치는 주위환경의 물리적 영향들이 많이 존재한다. 이러한 물리적 영향 중 광 CT의 센서부에 스트레스를 일으키게 하는 진동현상이 있다. 이 진동에 의해 발생할 수 있는 센서부의 위치와 각도의 변화에 대한 고려가 필요하다.

더욱이 광 CT에서는 Faraday effect를 기본 원리로 전력선에 발생하는 자기장에 의해 변화되는 레이저 빛의 파장 각도 변화를 계측하여 그 변화에 따른 전류를 측정하는 원리를 이용한다. 이러한 원리에서 보면 전력선에 발생하는 자기장과 그 주위에 장착되는 센서부의 위치에 따라 출력신호가 어떻게 변화하는지 알아야 할 것이다. 본 논문에서는 이러한 센서부의 위치변화와 각도변화에 따른 출력신호의 변화를 실험하였다.

본 논문에서 나타낸 실험 결과는 다음과 같다.

- ① 1310[nm] Laser Diode를 광원으로 사용하였고 센서부는 20[m]길이 단일모드 실리카광섬유를 원의 모양으로 감아서 전력선 주위에 장착하고 센서부의 위치를 전력선을 중심으로 외각쪽으로 이동시키면서 출력신호를 측정한 결과 중심에서 멀어질수록 출력신호가 감소한다는 것을 알 수 있었다.
- ② 전력선과 직각을 이루고 있는 센서부의 각도를 20[°], 40[°]로 변경시켰을 때 출력신호는 감소하였다.
- ③ 인가되는 전류의 세기에 따라 출력신호가 비례적으로 변화한다는 것을 알 수 있었다.

이것으로 광 CT의 센서부는 피측정 도선을 센서부와 직각을 이루도록 하고, 센서부 원 중심을 관통하도록 설계해야만 정확하고 정밀하게 전류를 측정 가능한 광 CT를 개발할 수 있을 것이다.

이 연구는 산업자원부와 (주)효성의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 전재일 "Faraday효과를 이용한 광CT의 온도특성에 관한 연구" 한국조명·전기설비 학회 논문지 vol 19, No1, Jan 2005
- [2] 허순영 "Jacket optical fiber를 이용한 광CT의 출력 특성에 관한 연구" 영남대학교, 2005.08 석사학위논문
- [3] 정철우 "대전류 측정을 위한 optical CT 기술 개발 연구" 영남대학교, 2004.02 석사학위논문
- [4] G. Degli Esposti, et al., "Current Measurements On A High Voltage Using A Fiberoptic Sensor", Fifth International Symposium On High Voltage Engineering, August 1987.