

# Sagnac형 광섬유 배열센서를 이용한 유중 음압 탐지 연구

## Investigation of the Acoustic Detection in Transformer Oil Using Sagnac Fiber Optic Sensor Array

이종길<sup>†</sup> · 이승홍<sup>\*</sup>  
Jongkil Lee, Seung-Hong Lee

**Key Words** : Fiber optic sensor array(광섬유 센서 배열), Sagnac interferometer(샤낙 간섭계), Transformer oil(절연유), Acoustic detection(음향 탐지)

### ABSTRACT

Fiber optic sensor has been widely used in the industrial applications. For the application of acoustic detection of the high voltage electric transformer Sagnac interferometer can be used. In this paper several different materials of mandrel were used in the fiber optic sensor array. Based on the experiments detection sensitivity of the fiber optic sensor is depends on the materials of mandrel. In transformer oil fiber optic sensor is more sensitive than in the air.

### 1. 서 론

오늘날 광섬유 센서가 산업 및 군사시설에 널리 사용되면서 최근 여러 분야에서 활발히 연구되어지고 있다. 광섬유 센서는 일반적으로 고감도이며 전기에 둔감하여 변압기속의 절연파괴 검출에 자주 이용된다. 본 연구에서는 변압기 절연유 오일에서 발생하는 음압을 효과적으로 탐지하기 위한 방법으로 광섬유 센서를 설계하고 이를 배열로 구성하는 방법을 제시 하였다. 광섬유 센서 간섭계는 Sagnac 간섭계로서 음향 및 진동 탐지에 효과적인 것으로 알려져 있다<sup>(1)</sup>. Sagnac 간섭계는 시계방향으로 통과하는 빛과 반시계 방향으로 통과하는 빛의 경로차를 이용하는 방법으로 절연유로 가득 채워진 유조에 센서를 배열하고 각각의 주파수에 따른 변화를 관찰함으로써, 센서의 민감도를 측정하는 구조이다. 배열 센서의 개수는 방향성 결합기를 이용하여 4개 혹은 8개로 늘일 수 있다. 이러한 형태의 배열은 변압기

절연유 속의 절연 파괴로 인한 음압 감지에 효과적으로 적용할 수 있다.

### 2. 실험 장치의 구성

광섬유 센서로 구성할 수 있는 일반적인 방법은 원통형 맨드릴(mandrel)에 광섬유를 감아 사용하는 것이다<sup>(1)</sup>. 제작된 맨드릴 재료는 Fig. 1과 같이 PTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene)와 PTFE+Carbon의 2가지로 제작하였다. 일반적으로 PTFE는 PVC보다 강도와 경도 면에서 낮기 때문에 Carbon을 섞어 경도를 높여서 사용한다.

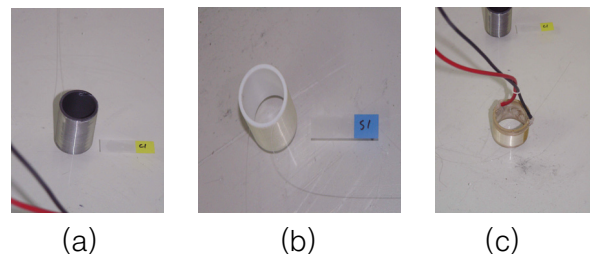


Fig. 1 Photograph of the fiber optic sensors: PTFE+Carbon(a), PTFE(b), and sound source(c)

<sup>†</sup> 교신저자; 정회원, 안동대학교 기계교육과  
E-mail : jlee@andong.ac.kr  
Tel: 054-820-5487 Fax: 054-820-7655

<sup>\*</sup> 안동대학교 대학원 정밀기계공학과

각 센서외부에 감겨있는 광섬유의 길이는 17.8m로 광섬유 사이 간 빈 공간 없이 감겨있다. 맨드릴의 크기는 30mm(d)x 45mm(L) x 2mm(t)이다.

절연유속에 음파를 발생시키기 위한 음원장치는 Fig. 1의 (c)와 같이 원통형 세라믹에 광섬유를 감아 여기에 전기를 걸어주어 음파가 발생하도록 하였으며 Fig. 2와 같이 4개의 센서의 가운데에 위치하도록 하였다. 음원과 센서와의 거리는 12cm로 일정하게 유지하였으며 1500nm의 광원을 이용하였고 음원 장치에 주파수 1kHz~4kHz를 주었을 때, 음원장치에서 발생한 음압을 광섬유 센서가 얼마나 감지하는지 스펙트럼 분석기를 이용하여 관찰 하였다.

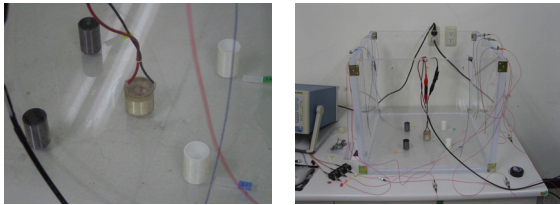


Fig. 2 Experimental set up in the transformer oil with four fiber optic sensors

### 3. 실험 결과 및 토의

각 센서의 음향 탐지 성능과 실험을 수행한 결과를 Fig. 3에 보였다. Fig. 3은 음원 주파수가 1kHz 일 때 4개의 센서가 감지한 신호의 주파수 스펙트럼이다. 4개의 센서들이 특정주파수에 반응하여 음원을 잘 감지하는 것을 알 수가 있었다.

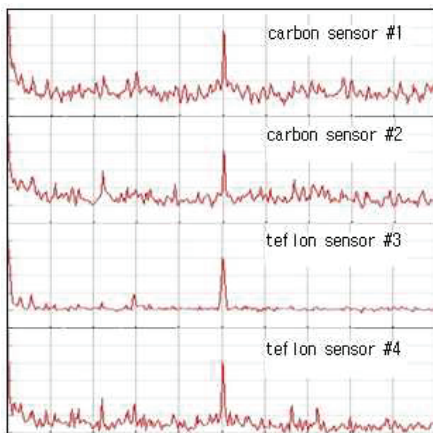


Fig. 3 Frequency spectrum of the detected sensor signals: 200Hz/diV. and 10dBV/diV.

Fig. 3에서 나타나 있는 것처럼 특정 주파수에 따라 이에 해당하는 피크치의 값이 높게 나타남을 알 수가 있다. 또한 외부 음원이 3kHz일 때 광섬유가 받는 신호를 측정 한 결과 Table 1과 같이 PTFE+Carbon로 구성된 센서가 PTFE보다 감도가 높음을 알 수 있다. 공기 중 실험과 유중 실험의 결과를 Table 1에 비교하였는데 PTFE+Carbon로 구성된 센서가 더 높은 민감도를 나타내는 것을 알 수가 있었다. 공기 중에서의 실험과 절연유에서의 같은 조건하에서의 실험 결과를 보면 Table 1과 같이 절연유에서 높은 감도를 유지함을 알 수 있다. 이는 음파의 전달 매질이 공기보다 절연유 속이 훨씬 밀도가 높기 때문이다.

Table 1 Comparison of the sensitivity at the frequency of 3kHz

Sensor types	In air (dBV)	In transformer oil (dBV)
PTFE+Carbon	-77.8	-41.9
PTFE	-90.3	-46.8

### 4. 결 론

Sagnac형 배열 센서를 이용하여 특정 주파수내 발생하는 음압탐지 실험을 수행하였고 광섬유센서는 제작된 맨드릴의 재질에 따라 민감도가 다르게 나타남을 알 수 있었다. PTFE로 제작된 것보다 PTFE+Carbon로 구성된 센서가 강도 면에서만 우수할 뿐만 아니라, 공기 중과 유중 내의 음압에 대해서도 더 좋은 민감도를 나타냄을 알 수 있었다.

### 후 기

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력 연구원(R-2008-25)주관으로 수행된 과제입니다.

### 참 고 문 헌

- (1) Lee, J. 2003, "Acoustic Signal Detection of Partial Discharge using an Interferometric Fiber Optic Sensor," Proceedings of the Joint Conference on Acoustics, pp. 5~8.