

Sagnac 간섭계 루프내 광섬유 센서 배열을 이용한 음향 측정 Acoustic Measurement in the Sagnac Interferometer Loop Using by Fiber Optic Sensor Array

*이종길¹

*Jongkil Lee(jlee@andong.ac.kr)¹

¹안동대학교 기계교육과

Key words : Fiber optic sensor, Sagnac Interferometer, Sound frequency spectrum

1. 서론

부분방전(partial discharge)은 전력기기의 열화로 발생하는 현상으로 전력설비의 진단에 부분방전의 측정기법이 널리 이용되고 있다[1-4]. 특히 광섬유 센서(optical fiber sensor)를 이용한 부분방전 측정기법은 EMI나 전기적 잡음의 영향을 받지 않고 원하는 위치에 쉽게 설치할 수 있다는 장점 때문에 널리 이용되고 있다[1-4].

Lee 등[1-2]은 변압기 절연유 오일에서 발생하는 음압을 효과적으로 탐지하기 위한 방법으로 Sagnac 간섭계를 이용하였고 Deng 등[3]은 실리카 다이어프램을 이용하여 광섬유 센서를 구성하였다. MacAlpine 등은 Mach-Zehnder 간섭계를 이용한 광섬유 센서를 제작하고 부분방전을 측정하였다.

본 연구에서는 이러한 부분방전 측정기법을 연구하고자 선행연구로 먼저 Fig. 1과 같이 Sagnac 간섭계를 구성하고 간섭계 루프내에 광섬유 센서를 직렬로 두 개 연결하였다. 광섬유 센서는 원통형 맨드릴에 단일모드 광섬유를 감아 제작하였다.

2. 간섭계 루프내 광섬유 배열

Fig. 2에는 본 연구에서 구현된 실험장치 사진을 보였다. 실제 부분방전을 발생시키는 장치를 실험실에서 구현하는 것이 매우 어려우므로 Fig. 2에서와 같이 압전소자를 이용한 PZT 음원을 사용하였다. 광섬유 센서 2조를 모의 변압기(400mm X 400mm X 900mm)에 부착하고, PZT 음원에서 140mm떨어진 곳에 센서를 배열하였다.

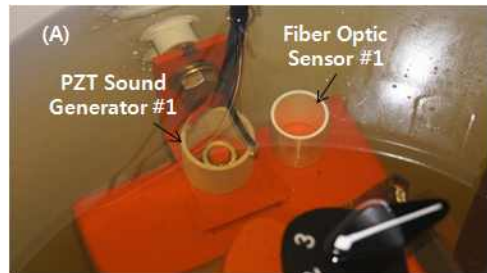


Fig. 2 Fiber optic sensor(#1) and its sound generator locations in the transformer oil

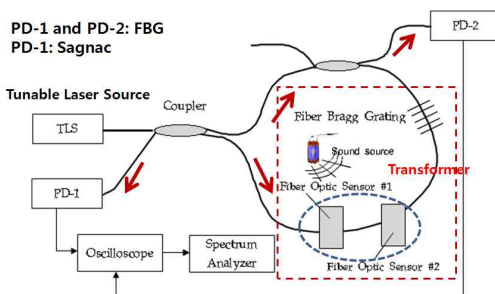


Fig. 1 Acoustic measurement using by the fiber optic sensor array in the Sagnac loop

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2와 같이 모의 변압기 속에 PZT 음원과 맨드릴에 광섬유를 감은 형태의 광섬유 센서를 배열하고 음원을 변화시켜 가면서 광섬유 음향 센서가 잡은 신호를 관찰하였다. 일반적으로 변압기 속의 부분방전으로 인한 음의 발생은 주로 초음파에 해당한다. 이를 바탕으로 본 실험에서는 음원 주파수를 5~90kHz로 정하여 실험하였다. Table 1에는 각 음원 주파수에 따른 두 개의 센서가 감지한 크기를 보였고 Fig. 3은 주파수에 따른 감도 변화를 보인 것이다.

Table 1 Sensitivity comparison of measured data

Frequency	Sensitivity(dBV)	at 35kHz(dBV)
20kHz	-54.965237	-66.742554
25kHz	-65.853050	-65.831528
30kHz	-64.931641	-67.375198
40kHz	-55.868965	-67.289230
45kHz	-64.147858	-66.600052
50kHz	-63.920712	-66.060059
55kHz	-75.719315	-66.517067
60kHz	-66.808713	-65.779312
65kHz	-76.714912	-66.935677
70kHz	-67.595245	-66.474159
80kHz	-73.373390	-66.027786
90kHz	-77.410286	-67.407883

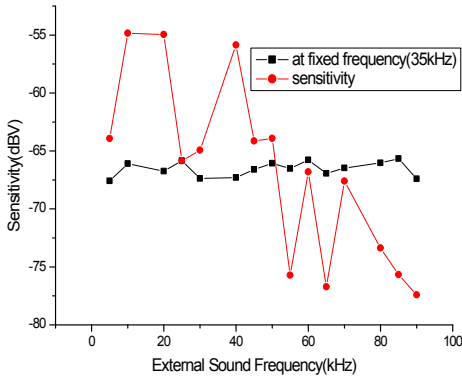


Fig. 3 Sensitivity comparison between fixed frequency of 35kHz and changing frequency

Fig. 3에서와 같이 주파수가 50kHz 이상에서는 센서의 감도가 고정 주파수 35kHz일 때보다 우수함을 알 수 있다. Fig. 4에는 외부 음원 주파수가 20kHz 및 35kHz일 때 광섬유 센서가 감지한 음향신호의 주파수 스펙트럼을 보였다. 20kHz에서 감도는 -55dBV 정도로 나타났으며 Fig. 4에서와 같이 변압기 내벽과 센서와의 거리가 얼마 되지 않아 주파수에 따른 하모닉 현상(40kHz, 70kHz)이 발생하였다. 이는 Fig. 2에서와 같이 실험 장치의 공간제약으로 인해 생기는 현상인 것으로 파악된다. 향후 실제 변압기 속에 절연과피 등으로 인하여 절연유의 온도 변화나 초음파 발생 등이 생길 경우 광섬유 배열센서는 매우 효과적으로 음향을 탐지할 것으로 판단된다.

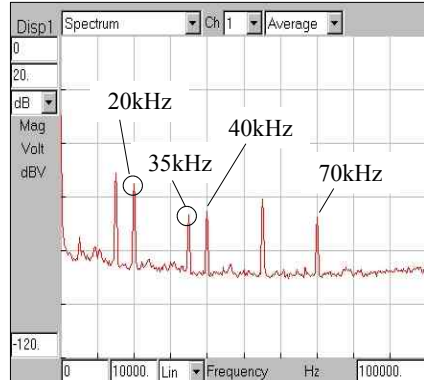


Fig. 4 Frequency spectrum of the acoustic measurement under external frequency of 20kHz and 35kHz

4. 결론

본 연구는 부분방전 측정의 선형연구로 Sagnac 간섭계 루프내에 광섬유 센서를 직렬로 배열하고 변압기 절연유 속에 넣어 PZT 음원 주파수를 5~90kHz로 변화시키면서 광섬유 센서의 음압 탐지성능 실험을 수행하였다. 구현된 광섬유 센서는 50~90kHz 범위에서 고정 주파수 35kHz의 경우보다 음압을 잘 탐지함을 확인하였다.

후기

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다. 계약번호(UD070054AD)

참고문헌

1. Lee, J., Lee, J.-H., and Kim, S., "Discharge signal detection in insulating oil using the optical fiber Sagnac interferometer," J. of KIEE, 49C(11), pp. 622 ~ 626, 2002.
2. Lee, J., Park Y., and Lee, J.-H., "Detection of partial discharge acoustic signal using the optical fiber interferometric sensor," J. of Acoustical Society of Korea, Vol. 21, No. 7, pp. 1~10, 2002.
3. Deng, J., Xiao, H., Huo, W., Luo, M., May, R., Wang, A., and Liu, Y., "Optical fiber sensor-based detection of partial discharges in power transformers," Optics & Laser Technology, Vol. 33, pp. 305-311, 2001.