

## PZT 센서를 이용한 초음파 신호 감도 측정

### A Sensitivity Measurement of Ultrasonic Signals by PZT Sensor

최 인 혁\* · 권 동 진 · 윤 장 완 · 정 길 조

In-Hyuk Choi\* · Dong-Jin Kweon · Jang-Wan Yun · Gil-Jo Jung

전력연구원 전력계통연구실

#### Abstract

Power transformers have a tendency of ultra-high voltage and huge capacity as power demand increases day after day. Therefore, the fault by insulation destruction gives rise to large area of power failure in huge capacity transformers. On-line predictive diagnostics is very important in power transformers because of economic loss and its spreading effect. Hence, this study presents experiments of partial discharge method using ultrasonic sensor in order to confirm the possibility of ultrasonic sensor in power transformers. It carries out the experiments of measuring delay time between ultrasonic sensor and transducer, sensitivities by temperature change of oil and by barriers inside transformers. It is also included wave analysis by ultrasonic sensor for needle-plate electrode powered on through high-voltage equipments.

## I. 서론

전력수요가 날로 증가함에 따라 전력용 변압기가 초고급화 및 대용량화되는 추세에 있다. 대용량화된 변압기의 절연파괴로 인한 사고는 정전구역이 넓고, 공급지장 및 복구에 따른 경제적 손실과 정전으로 인한 피해가 막대하기 때문에 고신뢰도 운전을 위한 전력용 변압기의 상시감시용 예방진단의 중요성이 크게 대두되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 전력용 변압기내의 부분방전(PD:Partial Discharge) 상시감시를 위해 제시된 방법중 초음파 센서를 이용한 진단법의 적용 가능성을 확인하기 위한 기초 실험을 수행하였다. 이를 위하여, 스틸로 제작한 모의실험 Chamber내에서 Transducer에 의해 신호를 발생시킨후, 광대역 초음파 센서를 이용하여 센서대 Transducer의 거리변화, 절연유의 온도면화 및 절연유내의 방해물에 의한 초음파 감도변화 실험을 수행하였다. 또한, 이를 토대로 고전압 발생장치를 이용하여 침대평판 전극에 전압을 인가한후 초음파 센서를 통한 신호파형을 분석하였다.

## II. 측정원리 및 장치 구성

### II-1. 측정원리

부분방전(PD:Partial Discharge)은 전력기기 설계시 전계의 불평형, 권선의 돌출부분 및 절연유의 열화에 의해 전계가 국부적으로 상승하므로써 발생된다. 본 연구에서 제시한 부분방전 측정법은 모의실험 Chamber내에 Transducer를 넣고, Chamber 외함에 초음파 센서를 취부한후 측정된 파형을 파형분석기를 통하여 분석하였다. 초음파 센서대 Transducer의 거리 변화에 따른 지연시간(Delay Time)은 다음 식과 같다.

$$T = \frac{D}{V}$$

여기서,

T : Transducer에 의해 발생된 신호가 초음파 센서까지 도달되는 시간[sec]

D : Transducer에서 초음파 센서까지의 거리[m]

V : 변압기 절연유에서 음향신호의 속도 [m/sec]

이다.

절연유내의 온도변화에 따른 지연시간 측정은 Heater로 Chamber를 가열한후 측정을 하였으며, 절연유내의 장애물에 따른 음향감도를 측정하기 위하여 Transducer 사이에 프레스보드 및 스틸 원통을 넣고 실험을 수행하였다. 또한, 침대 평판 전극에 고전압 장비를 이용하여 실제 PD를 모의 변압기 Chamber내에서 발생시킨후 파형을 분석하였다.

## II-2. 실험장치 구성

본 연구에 사용된 초음파 센서는 미국 DECI(Dunegan Engineering Consultant Inc.)사에서 제작된 SE2MEG-PI 제품을 사용하였다. 본 센서는 Sensor Actuator부와 센서의 전원공급 및 증폭을 위한 Amplifier부로 나누어졌다. SE2MEG-PI 센서는 압전소자(Piezo-electric device)로 이루어진 Preamp 내장형 센서부, 이를 구동시키기 위한 15V<sub>dc</sub> 전원부 및 40dB Amplifier부로 이루어졌다.

Transducer를 이용한 PD 분석장치 개략도는 그림 1과 같다.

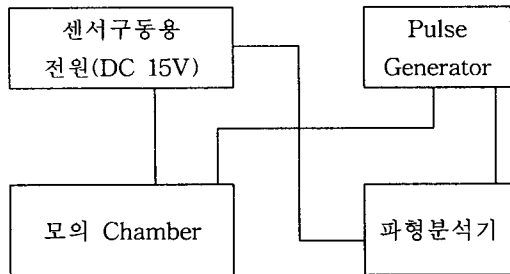


그림1. PD 측정장치 개략도

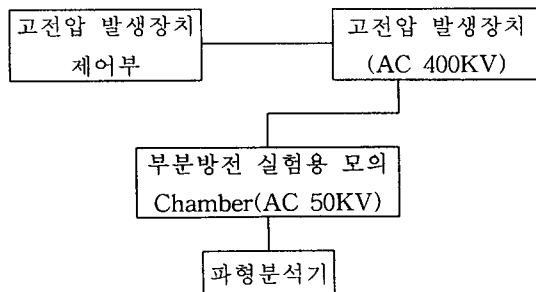


그림2. 고전압 장비를 이용한 PD 측정장치

침대 평판 전극에 고전압 장비를 이용한 PD 측정장치 개략도는 그림2와 같다.

## III. 실험결과

Chamber 크기가 가로x세로x높이(30cm x 15cm x 15cm)내에 절연유를 넣고 Transducer를 삽입시킨후 거리 및 방해물등의 삽입에 따른 지연시간 및 센서 감도를 측정한 결과가 각각 그림 3, 그림4 이다.

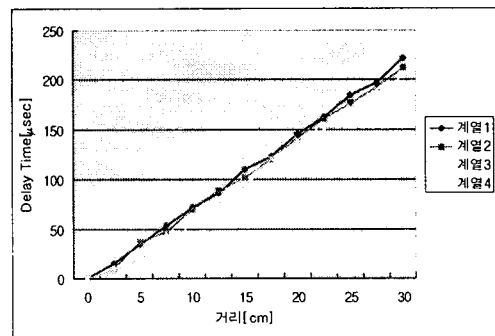


그림3. 거리 및 방해물에 따른 지연시간

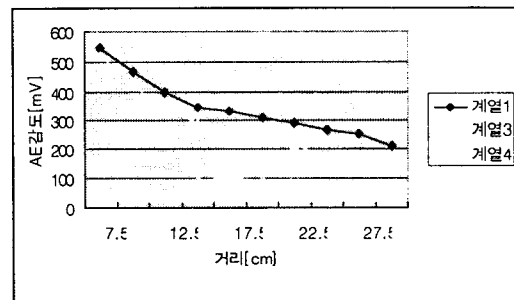


그림4. 거리 및 방해물에 따른 AE 감도

여기서,

- 계열1 : 절연유내의 Transducer에 장애물이 없는 경우
- 계열2 : 절연유내의 Transducer가 원통형 Steel 장애물에 존재하는 경우
- 계열3 : 절연유내의 Transducer에 프레스보드가 1점인 장애물이 있는 경우
- 계열4 : 절연유내의 Transducer에 프레스보드가 2점인 장애물이 있는 경우

이다.

절연유의 온도변화에 따른 지연시간의 관계는

그림5와 같다.

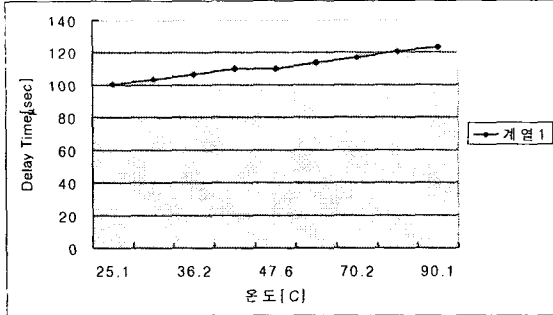


그림5. 절연유의 온도 변화에 따른 지연시간

또한, 모의 Chamber 크기가 가로x세로x높이 (150cm x 150cm x 120cm)내에 침대 평판 전극을 20mm 이격시킨후, 이를 절연유에 넣고 고전압 장비를 이용하여 전압을 인가하였을때의 측정 결과가 그림6 및 그림7이다. 이때 침과 평판사이의 이격거리는 20mm이며, 그림7과 같이 전압을 22KV 인가했을 때 Flashover가 발생되었다.

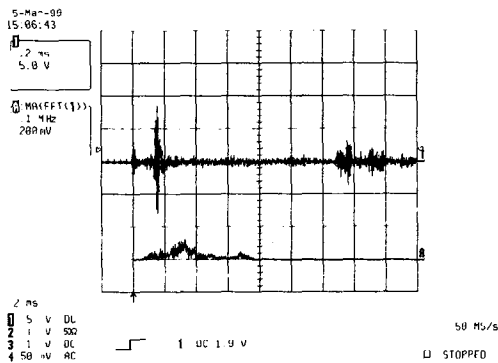


그림6. 침대 평판전극(인가전압 17KV)

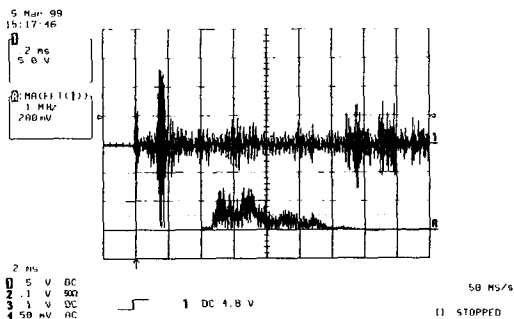


그림7. 침대 평판전극(인가전압 22KV)

#### IV. 결론

본 실험을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다  
 • 절연유내의 장애물에 따라 초음파 센서까지의 도달시간이 길어지며 센서 감도도 이에 비례하여 감소된다.

• 절연유의 온도를 상승시킴에 따라 초음파센서부에 감지되는 음파의 도달 시간도 비례하여 상승된다. 따라서, 온도가 낮을수록 음파 속도가 상승됨을 알 수 있었다.

• 실제 고전압 발생장치를 이용하여 침대 평판 전극에 고전압을 인가한 경우, Transducer를 이용한 경우보다 음파의 감도가 상당히 향상됨을 알 수 있었다.

따라서, 향후 초음파 센서의 감도가 Transducer에 의한 신호음보다 실제 PD 발생시 우수함에 따라 규모가 큰 전력용 변압기의 PD 감지에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- (1). L.E.Lundgarrad."Partial Discharge:Acoustic Partial Discharge Detection Fundamental Consideration",IEEE Electrical Insulation Magazine,7/8 1992-Vol.8,No.4
- (2). L.E.Lundgarrad."Partial Discharge:Acoustic Partial Discharge Detection Practical Application",IEEE Electrical Insulation Magazine,9/10 1992-Vol.8,No.4
- (3). E.T.Norton,,"Acoustic Emission Detection of Partial Discharges in Power Transformers",EL-4009 Research Project,1985
- (4). 한국전력공사,"전력설비 사고예방 및 진단시스템 개발에 관한 연구",1993
- (5). 초음파연구회,"쉬운 超音波의 應用",1992