

## 기준치(Threshold Value) 최적화 기법을 이용한 부분방전 해석

최인혁\*, 윤장완, 권동진, 정길조  
한전 전력연구원

### An Analysis of Partial Discharge by the Optimum Method of Threshold Value

I.H.Choi\*, J.W.Yun, D.J.Kweon, G.J.Jung  
KEPRI

**Abstract** - We have investigated the characteristic analysis of ultrasonic in case of occurring partial discharge in experimental steel chamber. This study presents the discriminative method of partial discharge by optimum threshold value. We have carried out the experiments of measuring partial discharge numbers between ultrasonic sensor and transducer with changing distance and barrier inside steel chamber. After the measured data were transformed A/D conversion by GPIB, we used the optimum method of threshold value for counting numbers of partial discharge.

50,002개 었다. 이중 노이즈 평균을 구하기 위하여 10,001개의 샘플이 사용되었으며, PD 판정시 사용될 기준치에는 40,001개의 샘플이 이용되었다. 또한, 초음파 센서의 시간에 따른 음압 변화를 분석하기 위하여, 절연유내의 초음파 발생기의 위치 변화 및 방해물에 의한 영향을 광대역 초음파 센서를 사용하여 측정하였다. 본 논문에서는 부분방전 판정에 이용되는 기준치(Threshold Value)를 최적화하기 위하여, 측정된 노이즈(Noise)를 식 1과 같이 평균화하였다.

여기서,

$$N_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^n |N_i|}{n} \text{ ----- (1)}$$

$N_{ave}$  : 측정 파형의 Noise 평균치  
 $N_i$  : 시간에 따른 Noise 측정치  
 $n$  : Noise 측정에 사용된 데이터 수

이다.

#### 2.2 장치구성

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

#### 1. 서 론

전기에너지 수요가 날로 증가함에 따라 각종 설비의 대용량화가 불가피하며, 이에따른 정전시 경제적, 사회적 피해는 막대하다 하겠다. 이러한 정전 사고를 미연에 방지하기 위해서는 각종 기기의 예방진단 연구가 필수 불가결하다.

본 연구에서는 변전설비중 변압기의 부분방전 발생시 발생하는 초음파 파형의 특성분석후, 부분방전 발생여부를 확인할 수 있는 기준치(Threshold Value) 최적화 선정 기법을 제시하였다. 본 연구를 위하여 스틸로 제작된 모의 실험 Chamber 내에서 초음파 발생장치에 의해 신호를 발생시킨후, 초음파 센서를 이용하여 센서대 초음파 발생장치(Transducer)의 거리변화 및 절연유내의 방해물에 따른 파형을 분석하였다. 또한, 부분방전(PD:Partial Discharge) 판정시 기초가되는 기준치를 최적화하기 위하여, 측정된 파형의 노이즈를 평균화하였다. 또한, 실험 데이터를 GPIB를 이용하여 A/D 변환시킨후, 부분방전 판정법으로 초음파 파형의 기준치를 최적화하기 위한 기법을 적용하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 측정원리

전력기기 내부에서 발생하는 부분방전(PD:Partial Discharge)은 절연유 열화 및 불순물 함침등에 의한 국부적인 전계 상승에 기인한다. 본 연구에서 사용한 부분방전 측정법은 절연유로 채워진 모의 실험 Chamber 내에 초음파 발생기를 넣고, 스틸로 제작된 Chamber 외함에 광대역 초음파 센서를 취부한후, 측정된 파형을 파형분석기를 통하여 분석하였다. 측정 파형을 A/D 변환하기 위하여 GPIB를 사용하였으며, 사용 샘플수는

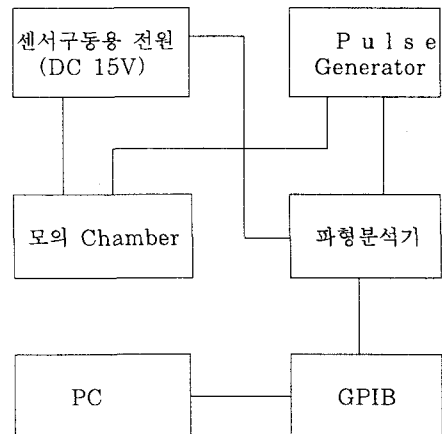


그림 1. PD 측정장치 개략도

사용 센서의 직경 및 높이는 각각 0.5inch, 0.55inch이며, 적용 온도 범위는 -50℃~100℃이다. 또한, 측정 가능 주파수의 범위는 0Hz~2MHz이고 방수형으로 되어있다.

Transducer를 이용한 PD 분석장치 개략도는 그림 1과 같다.

### 2.3 측정결과

본 실험에 사용된 모의 실험 Chamber의 규격은 가로x세로x높이(300x150x150mm)이며, 절연유내의 초음파 발생기의 위치는 50~250mm로 가변시켜 측정하였다. 정확한 측정을 위하여 Chamber 내부에 위치하는 초음파 발생기를 고정시키기 위한 고정대를 제작하여 이용하였다. 초음파 발생기를 구동시키기 위한 트리거는 폭(Width) 127.52μs, 크기 3.53V의 특성을 갖는 구형파를 이용하였다. 일정 주기 동안의 노이즈(Noise)의 평균값을 구하기 위하여 트리거 신호를 0.4ms 지점에 투입하였다. 트리거 신호와 Chamber 외함에 취부한 초음파 센서에서 감지한 PD 신호의 특성은 그림 2와 같다.

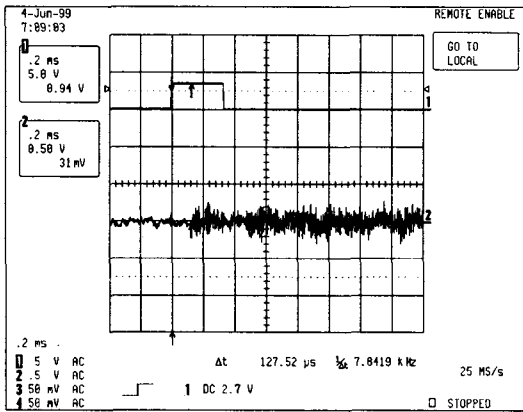


그림 2. 트리거 및 PD 파형 특성

또한, 방해물에 따른 감도를 고려하기 위하여 절연지를 0~2겹 이용하였다. 본 실험에서는 위치 및 방해물을 동시에 고려하여 측정하였으며, 이와같은 방법에 의한 측정 결과시 최적 기준치 이상이 되는 각각의 PD값의 평균치는 그림 3~그림 5와 같다.

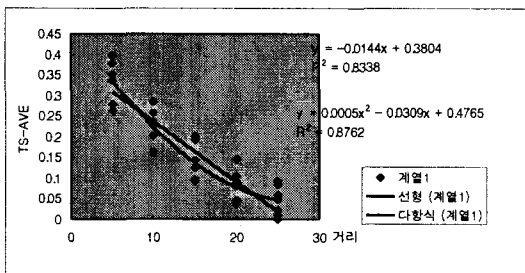


그림 3. 방해물(장벽:0)과 거리에 따른 신뢰도

그림에서 나타낸 선형곡선은 데이터 상호간의 연관성을 나타내면, 2차식으로 표시된 다항식은 이들간의 신뢰

도를 나타낸다. 가로축의 TS-AVE는 기준치 이상의 데이터에 대한 평균 Threshold Value이다.

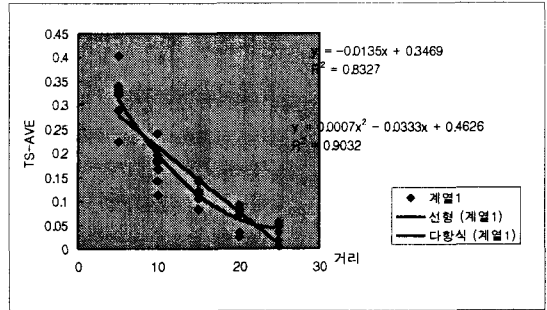


그림 4. 방해물(장벽:1)과 거리에 따른 신뢰도

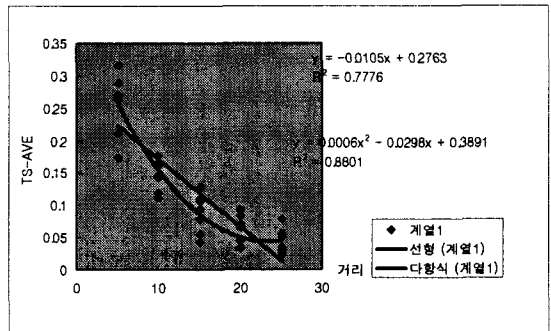


그림 5. 방해물(장벽:2)과 거리에 따른 신뢰도

그림 3~그림5에서 알 수 있듯이 다항식으로 표시된 신뢰도가 선형으로 표시된 것보다 상호 신뢰성이 높다. 이와같은 방법을 적용할 경우, 방해물에 따라 각각의 신뢰도는 87%, 91%, 88%이므로 데이터 상호간의 연관성이 높음을 알 수 있다.

최적의 기준치를 구하기 위하여 식 1에 의하여 산출된  $N_{ave}$ 에 S/N비가 3배 이상인 배수를 곱하여 최적의 기준치를 찾은 결과가 그림 6이다.

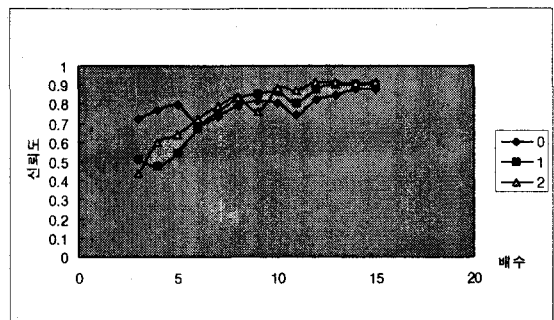


그림 6.  $N_{ave}$ 에 배수를 곱한 경우의 신뢰도

그림 6에서 방해물이 0.1,2인 경우, 신뢰도가 가장 우수한 배수값은 각각 22, 20, 12임을 보여주고 있으

나, 이 경우 PD 갯수가 0을 갖는 경우가 자주 발생하여 데이터 상호간의 연관성을 찾기가 어려워 이를 배제하였다. 따라서, PD 갯수가 0을 갖지 않는 조건중 신뢰성이 가장 높은 배수를 갖는 조건을 구하였다. 그 결과 PD 판정을 위한 기준값은  $N_{ave}$ 에 방해물이 0, 1, 2인 경우 각각 14, 13, 10배의 값을 곱한 경우 가장 신뢰성이 우수하였다.

실험에서 취득된 120개의 실험 데이터를 노이즈 측정값의 평균화에 의한 기준치(Threshold Value) 최적화 기법을 적용한 결과, 120개의 샘플 데이터중 80% 이하의 신뢰도를 갖는 경우는 19개였다. 따라서, 제시된 방법을 적용할 경우 84.2%의 신뢰성을 얻을 수 있다.

### 3. 결 론

지금까지 초음파 센서를 이용하여 부분방전 여부를 확인하기 위하여 가장 중요한 요소인 기준값(Threshold Value) 선정에 대한 기준이 S/N 비가 3이상이라고만 되어 있는 관계로 측정자에 따라 기준값 선정에 어려움이 있어왔다.

본 연구는 모의 실험 Chamber 내에 초음파 발생기를 넣고, Chamber 외함에 초음파 센서를 취부한후, 초음파 발생기의 위치 및 방해물을 동시에 변화시키는 조건하에서 실험을 실시하였다.

주요 연구 결과는 다음과 같다.

- 본 연구에서는 S/N비를 객관적이고 용이하게 구하기 위하여, 트리거 신호 이전의 노이즈 파형을 A/D 변환하여 측정된 파형의 노이즈를 평균화하는 기법을 적용하였다.
- 최적의 PD Threshold Value를 구하기 위하여 S/N 비가 3~22가지 수행한 결과, 신뢰도가 가장 우수한 S/N 비는 방해물이 0, 1, 2인 경우, 각각 22, 20, 12였으나, 측정 PD 개수가 0을 포함하는 부분이 많아 데이터 상호간의 연관성을 추정하는데 한계가 있었다.
- 따라서, PD 개수가 0을 포함하지 않고, 데이터 상호간의 신뢰성이 가장 최적인 S/N비는 방해물이 0, 1, 2인 경우 각각 14, 13, 10임을 알 수 있었다.
- 실험을 통하여 취득된 120개의 샘플을 기준치(Threshold Value) 최적화 기법을 적용한 결과, 신뢰성이 84.2%의 우수한 결과를 얻었다.
- 향후, 제시된 방법은 많은 실험을 통해 모집단이 풍부할 경우 최적의 기준치를 선정하는데 용이할 것으로 사료되며, 신뢰도도 향상될 것으로 판단된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] E.T.Norton., "Acoustic Emission Detection of Partial Discharges in Power Transformers", EL-4009 Research Project, 1985
- [2] L. E. Lundgarrad., "Partial Discharge : Acoustic Partial Discharge Detection Fundamental Consideration", IEEE Electrical Insulation Magazine, 7/8 1992-Vol8, No4

- [3] L. E. Lundgarrad., "Partial Discharge : Acoustic Partial Discharge Detection Practical Consideration", IEEE Electrical Insulation Magazine, 9/10 1992-Vol8, No4
- [4] McGraw-Edison Company : "Acoustic Emission Detection of Partial Discharges in Power Transformers", EPRI EL-4009, August 1985
- [5] 한국전력공사, "전력설비 사고예방 및 진단시스템 개발에 관한 연구", 1993
- [6] 한국전력공사, "변전설비 진단기술 개발에 관한 연구", 1993
- [7] 초음파 연구회, "쉬운 超音波의 應用", 1992
- [8] E.Howells, "Detection of Partial Discharges in Transformers using Acoustic Emission Techniques", IEEE Transaction on Power Apparatus and System, Vol. PAS, No.5, Sept/Oct 1978