

부분방전원에 의해 중첩된 초음파신호의 정량적분석

(The Quantitative Analysis of the Superposed Ultrasonic Signal
by PD Sources in a Transformer)

송현석* 구교선 이동준 곽희로

Hyun-Seok Song* , Kyo-Sun Koo , Dong-Zoon Lee , Hee-Ro Kwak

Abstract

In this paper, the superposition of ultrasonic signals which were generated by multi-source in a transformer was presented. For analysis of ultrasonic superposition, $V_{\text{peak-peak}}$ and pulse number of ultra-sonic signal were used. As a result, the wave form of ultrasonic superposition was classified into three types ; First type was the wave form whose $V_{\text{peak-peak}}$ was increased by the superposition of each signal's $V_{\text{peak-peak}}$. Second type was wave form whose $V_{\text{peak-peak}}$ was decreased by the superposition of each signal's $V_{\text{peak-peak}}$. And the other type was wave form whose peaks were two or more. And $V_{\text{peak-peak}}$ of superposed ultrasonic wave was mostly increased or decreased and pulse number of superposed ultrasonic wave was mostly increased

1. 서론

전력수요가 증가함에 따라 전력설비는 대용량, 초고압화가 되고 있으며, 변전소는 무인화되는 추세이다. 이와같이 대용량화된 전력설비에 사고가 발생하면 그 파급효과가 광범위하게 수용가에 미치며 복구에 장시간이 소요되므로 전력설비의 사고를 미연에 방지할수 있는 절연진단의 필요성이 증가하고 있다.[1~2]

변압기의 중대사고 요인인 내부절연이상은 대부분 부분방전을 수반하고 부분방전과 변압기의 절연수명은 깊은 상관관계가 있으므로 변압기내의 부분방전을 측정함으로써 변압기 절연사고를 미연에 방지할 수가 있다

변압기내의 부분방전 검출을 위한 방법은 초음파 측정법, 유증가스 분석법, 진동측정법, 전기적 측정법, $\tan \delta$ 측정법이 있으며 본 논문에서는 내부에서 부분방전이 발생하였을 때 위치 추정이 가능하고 내부 이상의 초기진단이 가능하다는 장점을 가지고 있는 초음파 측정방법을 이용하였다.[3~5]

초음파 측정방법의 중요한 parameter은 초음파 신호의 펄스수와 진폭의 증가경향이다. 그러나 PD source가 single-source가 아닌 다수부분방전일 경우, 각각의 결합에 의해 발생하는 초음파 상호간의 간섭현상 때문에 초음파 신호의 변화 경향을 판단하는데 문제점을 야기시킬수 있다.

따라서 본논문에서는 초음파 발생장치를 이용하여 다수 부분방전에서 초음파를 발생시킨 후 초음파 신호의 파형을 측정하고 신호의 특성을 고찰하였다. 또한 중첩된 초음파 파형의 형태와 펄스수의 카운트를 통한 정량적 분석을 해보았다.

2. 본론

2.1. 실험장치 및 실험방법

본 논문에서 구성하는 실험장치는 프리앰프, 오실로스코프, GPIB 카드, PC, 모의 변압기로 구성되어있다.그림 1은 본논문에서 구성한 실험장치의 개략도를 나타낸 것이다.

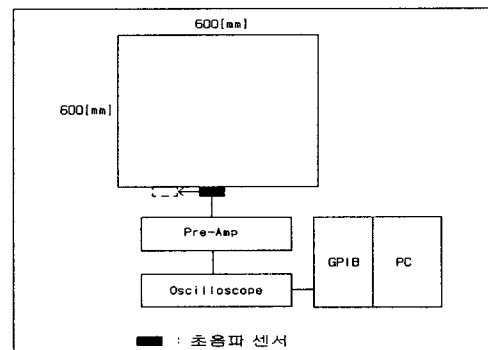


그림1 실험장치 개략도

그림 1에 나타난 것처럼 모의 변압기내에 부분방전에 의해 방출되는 초음파 신호를 발생시키기 위하여 압전진동자를 삽입하였다. 압전진동자를 통하여 나온초음파 신호를 모의변압기 외함에서 측정하였고 측정된 신호는 GPIB카드를 통하여 PC에 저장하였다.

압전진동자에 초음파 신호를 발생시키기 위해서 함수 발생기를 이용하였다. 함수발생기는 펄스파형을 200[Hz] 5[V]또는 250[Hz] 5[V] 구형파를 지속적으로 발생시켰다.

초음파 센서는 광대역 센서인 NF사의 AE901E

을 사용하였고 가능한 주파수 대역은 20[kHz]~20[MHz]이다.

프리앰프로는 20[kHz] high pass filter를 내장하고, 60[dB]의 이득을 갖는 제품을 사용하였다.

2.2. 실험방법

본 논문에서는 변압기 PD source에 따른 중첩 현상을 모의하기 위하여 그림 2와같이 PD source 위치와 센서위치를 변화하였다.

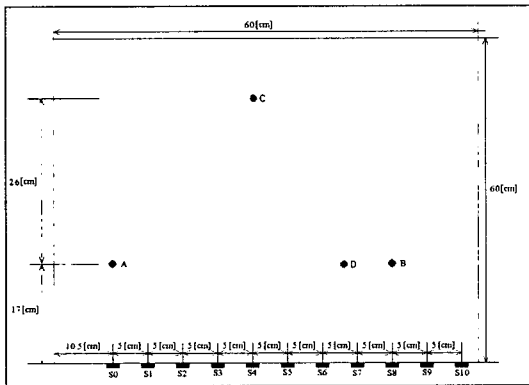


그림 2 변압기내 PD source 위치와 센서위치

변압기내 PD source 위치는 source A(10.5[mm], 17.0[mm]), source B(50.5[mm], 17.0[mm]), source C(30.5[mm], 43.0[mm]), source D(43.0[mm], 17.0[mm]) 4가지 경우에서 실험하였다. 이때 각각의 경우 각 센서위치 (S0~S10)에서 초음파 파형의 변화를 측정하였다.

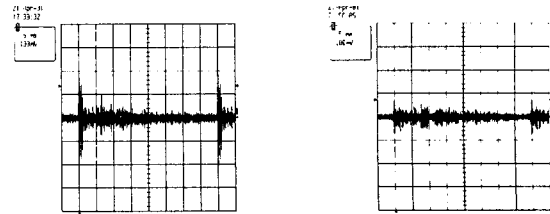
변압기내 PD source의 측정은 다음과 같은 2가지로 하였다. PD source 위치가 A와 B에 위치하여 Y축의 거리가 동일하고 X축을 멀리 벌어진 경우 각 센서위치(S0~S10)에서 측정된 경우와, PD source 위치가 C와 D에 위치하여 Y축거리가 동일하지 않고 X축으로 좁게 벌어진 경우 각 센서위치(S0~S10)에서 측정하였다.

3. 실험결과

3.1. 중첩된 초음파 파형

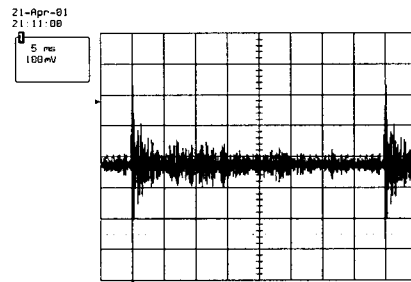
본 논문에서는 중첩된 파형의 특징을 분석하기 위하여 2가지 경우(PD source A와 B, PD source C와 D)를 측정하여 파형을 나타내었다. 2가지 경우에 대한 파형 분석을 행한 후 $V_{peak-peak}$ 와 펄스 수를 이용하여 중첩된 파형의 정량적인 분석을 행하였다.

그림 3은 S0의 위치에서 측정된 파형으로 PD source A와 PD source B의 파형과 중첩된 파형을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것처럼 원래의 파형이 거의 동일한 시간에 중첩되어 $V_{peak-peak}$ 값이 증가한 모습을 보이고 있다.



(a) PD source A시 S0에서의 초음파신호

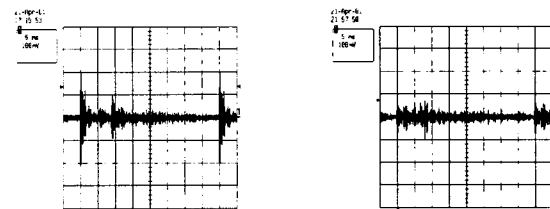
(b) PD source B시 S0에서의 초음파신호



(c) 중첩파형

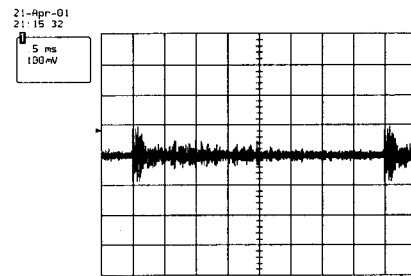
그림 3 PD source A와 B에 의한 센서 S0에서의 초음파 신호

그림 4은 S1 위치에서 측정된 파형으로 PD source A와 PD source B의 파형과 중첩된 파형을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것처럼 원래의 파형이 거의 동일한 시간에 중첩되어 $V_{peak-peak}$ 값이 감소된 모습을 보이고 있다.



(a) PD source A시 S1에서의 초음파신호

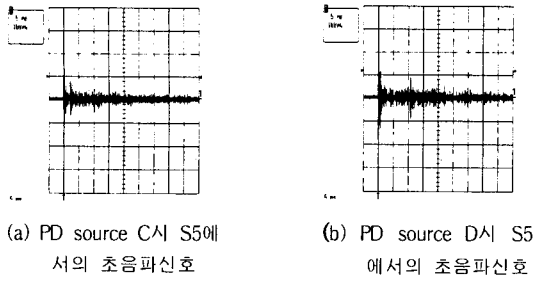
(b) PD source B시 S1에서의 초음파신호



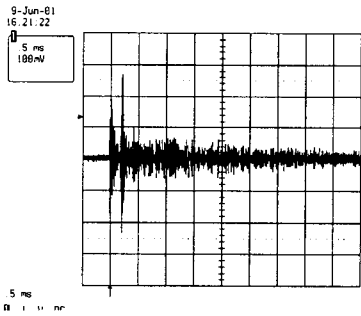
(c) 중첩파형

그림 4 PD source A와 B에 의한 센서 S1에서의 초음파 신호

그림 5는 S5의 위치에서 측정된 파형으로 PD source C와 PD source D 파형과 중첩된 파형을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것처럼 PD source C의 파형과 PD source D의 파형이 같이 나타나고 있음을 알 수 있다.



(a) PD source C 시 S5에서의 초음파 신호
(b) PD source D 시 S5에서의 초음파 신호



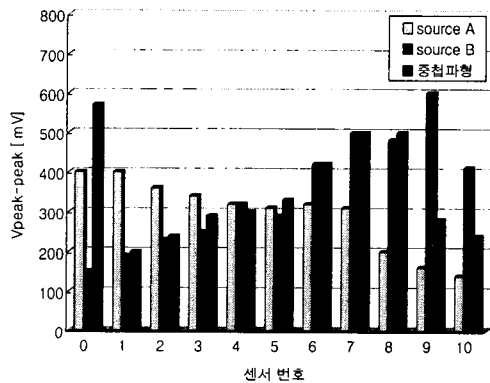
(c) 중첩파형

그림 5 PD source C와 D에 의한 센서 S5에서의 초음파 신호

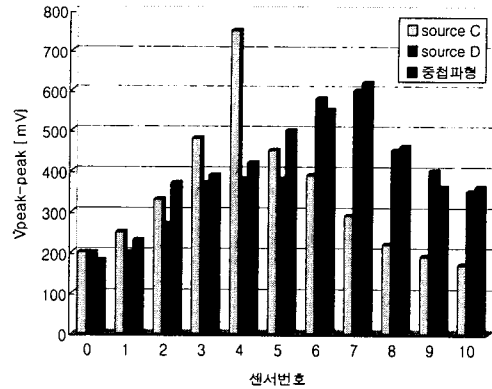
위 그림에서 보듯이 초음파의 중첩의 형태는 $V_{peak-peak}$ 가 증가하거나 감소하는 형태로 나타나든지 아니면 초음파 파형의 중간에 다른파가 나타나는 현상이 발생하였다.

3.2 중첩된 초음파 파형의 정량적 분석

본 논문에서는 PD source 2개에 의해 나타난 초음파 파형의 중첩되는 현상을 알아보기 위하여 $V_{peak-peak}$ 변화와 pulse 수의 변화를 나타내었다. 그림 6은 PD source A와 PD source B 그리고 PD source A, PD source B 중첩 신호의 $V_{peak-peak}$ 와 PD source C와 PD source D 그리고 PD source C, PD source D 중첩신호의 $V_{peak-peak}$ 를 나타낸 것이다.



(a) PD source A and B 경우



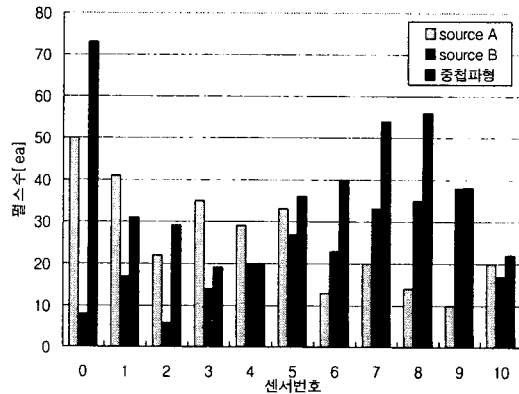
(b) PD source C and D 경우

그림 6 PD source 2개시 각 센서에서의 초음파 크기

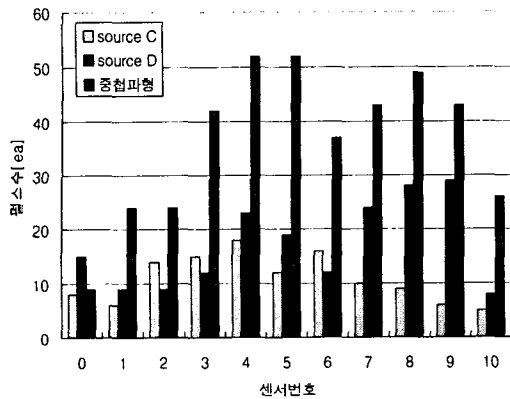
그림 6 (a)에서 보는 것처럼 S0의 PD source A의 값은 약 400[mV]이고 PD source B의 값은 약 150[mV] 그리고 중첩된 파형은 약 570[mV]로 PD source A와 PD source B의 합만큼 $V_{peak-peak}$ 가 증가하고 있다. 또한 S1의 PD source A의 값은 약 400[mV]이고 PD source B의 값은 약 190[mV] 그리고 중첩된 파형은 약 200[mV]로 PD source A와 PD source B의 차만큼 $V_{peak-peak}$ 가 감소하고 있다. 또한 S9, S10에서도 두 신호의 차만큼 중첩된 신호가 나타나고 있다. 그림 6 (b)에서는 중첩되어 크게 나타난 경우는 없으며, S4에서 중첩되어 크기가 작게 나타나고 있다.

각각의 신호들이 중첩될 때 신호의 중간에 다른 신호가 중첩이 되면 파두 부분의 큰 신호가 작은 신호들과 합쳐져 큰 신호를 나타나게 된다. 따라서 각각의 신호보다는 중첩된 신호의 펄스 수는 증가하게 되는 것이다. 따라서 본 논문에서는 중첩에 의해 변환된 펄스 수의 증가 여부를 조사하였다.

그림 7은 $V_{threshold}$ 이 50[mV]일 경우 PD source A와 PD source B 그리고 PD source C, PD source D 중첩 신호의 펄스 수를 나타낸 것이다.



(a) PD source A and B 경우



(b) PD source C and D 경우

그림 7 PD source 2개시 각 센서에서의 펄스 수

그림 7(a)에서 보는 것처럼 S0, S2, S6, S7, S8 에서도 개개의 신호의 합보다 많이 나오고 있음을 알 수 있다. 그림 7 (b)에서 보는 것처럼 S1에서의 PD source C의 펄스 수는 6개이고 PD source D의 펄스수는 9개이다. 중첩된 신호의 펄스 수는 24 개로 나타나 두 PD source의 합보다도 많이 증가하고 있음을 알 수 있다. 또한 S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10 에서도 중첩된 파형의 펄스수가 개개의 신호의 합보다도 많이 나오고 있음을 알 수 있다. 이것은 파형의 중첩에 의한 것으로 사료된다.

표 1은 PD source A와 B 그리고 PD source C와 D 중첩신호의 $V_{peak-peak}$ 와 pulse 수의 변화 여부를 나타낸 것이다. 「○」는 $V_{peak-peak}$ 합, 「△」는 $V_{peak-peak}$ 차만큼 변화가 있을시, pulse 에서의 「○」는 펄스 수 증가시를 나타낸 것이고 「×」는 변화가 없을시를 나타낸 것이다.

표 1 PD source 2개시 각 센서에서의 변화
(a) PD source A and B 경우

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
$V_{peak-peak}$	○	△	×	×	×	×	×	×	×	△	△
pulse	○	×	○	×	×	×	○	○	○	×	×

(b) PD source C and D 경우

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
$V_{peak-peak}$	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×
pulse	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

표 1 (a)에서 보는 것처럼 PD source A와 B에 의한 중첩신호의 $V_{peak-peak}$ 와 펄스 수의 변화는 S0, S1, S2, S6, S7, S8, S9, S10에서 나타났으며 표 1 (b)에서 보는 것처럼 PD source C와 D에 의한 중첩신호의

$V_{peak-peak}$ 와 펄스 수의 변화는 S0를 제외한 모든 경우에서 나타나고 초음파중 22가지의 경우중 18개의 경우에서 나타나고 있다.

4. 결론

본 논문에서는 변압기내에서 다수 부분방전 존재시 나타나는 초음파 파형을 측정하여 중첩의 특성을 형태와 $V_{peak-peak}$ 펄스 수를 이용하여 정량적으로 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 중첩된 초음파 파형의 형태는 크게 3가지 형태로 나타났다. 3가지 형태로는 첫째, 개개의 신호가 중첩되어 개개의 $V_{peak-peak}$ 합만큼 $V_{peak-peak}$ 가 증가한 경우, 둘째, 개개의 신호가 중첩되어 개개의 $V_{peak-peak}$ 차만큼 $V_{peak-peak}$ 가 감소한 경우, 그리고 개개의 신호 $V_{peak-peak}$ 변화는 적지만 여러 시간대에 피크치가 2개 이상 나타나는 경우이다.
- 2) PD source A와 PD source B 그리고 PD source C, PD source D 2가지 PD source에 의해 발생한 초음파 파형을 정량적 분석을 한 결과 대부분의 경우 초음파 신호의 피크치가 합이나 차만큼 감소하든지, 아니면 초음파 신호의 펄스수가 증가하는 경향을 나타내었다.

참고 문헌

- (1) 河村達雄 外, "高電壓電力設備の絶縁診断と監試技術", 日豪科學技術, pp.16~139, 1984.
- (2) 高田信治 外, "電氣設備診断・更新技術に関する調査報告", 日本電氣學會, pp.4~136, 1991.
- (3) "전력기기 절연진단 기술," 한국 전기연구소, Ch.4 1998.
- (4) F. H. Kreuger, "Partial discharge detection high-voltage equipment," pp.1~185, 1989.
- (5) "絶縁設備の診断技術," 日本電氣學會, pp.68~82, 199
- (6) 권동진, "초음파 경향분석에 의한 전력용 변압기의 예방진단에 관한 연구," 박사학위 논문, 1995.