

超音波 센서를 이용한 變壓器 豫防診斷 技術 研究

(Technique of Transformer Diagnosis Using Ultrasonic Sensor)

權東震*·崔水雁*·朴亨俊*·郭熙魯**·鄭讚壽**·田喜鍾**·金載哲***

(Dong-Jin Kweon·Soo-An Chio·Hyvng-Joon Park·Hee-Ro Kwak·Chan-Soo Chung
Hi-Jong Jeon·Jae-Chul Kim)

요 약

본 논문에서는 초음파 센서를 이용하여 부분방전에 의해 발생하는 기준준위 이상의 초음파 펄스수를 계수하여, 전력용 변압기의 부분방전 진전을 상시 감시할 수 있는 예방진단기술에 관하여 연구하였다.

실험 결과, 초음파 발생장치 및 침-평판전극에 일정전압을 인가하여 일정한 초음파 및 부분방전을 발생시킬 경우에 측정된 초음파 펄스수의 경향은 일정하였으며, 침-평판전극에 인가전압을 상승시켜 부분방전을 임의로 크게하거나, 침-평판전극에 절연지를 삽입하고 일정전압을 인가하여 부분방전을 진전시킬 경우의 초음파 펄스수는 부분방전의 진전과 더불어 증가함을 보여, 본 연구에서 제시한 진단장치를 이용하여 부분방전의 진전을 상시 감시할 수 있음을 확인하였다.

Abstract

This paper presents a diagnosis technique using ultrasonic sensors for monitoring the growth of partial discharge in power transformers. This technique counts the ultrasonic pulses generated from partial discharge over a threshold level. In experiments, a ultrasonic generator and the point to plane electrodes generated ultrasonic pulses. With a constant voltage between the electrodes, the ultrasonic pulses over a threshold were a fairly constant. When the voltage increased or insulation paper was inserted between the electrodes, the partial discharge increased. In this case the number of ultrasonic pulses also increased and therefore the proposed techniques successfully diagnosed the growth of partial discharge.

1. 서 론

전력시스템의 高電壓化와 함께 전력용 기기도 高電壓化, 大容量化하고 있으며, 전력용 기기의 사고시 수용가에 미치는 영향이 막대함으로 인하여 事故豫防을 위한 보수관리 및 絶緣診斷의 필

요성이 점차 증가하고 있다. 계통의 원활한 운용을 위하여, 전력설비는 운전상태에서 진단하는 것이 중요하며, 설비의 이상징후를 상시 감시하여 장애에 일어날 사태 등을 예측하여, 치명적이기 이전에 처리할 수 있는 豫防保全技術이 요구되고 있다.^{1)~3)}

變壓器의 診斷法으로는 部分放電法, 油中 가스 분석법, 역율 및 수분측정법 및 진동분석법 등이 있으며, ^{4),5)} 이러한 측정방법은 變壓器의 이상발생시 일정시간이 경과한 후에 검출이 가능하다는

* 正會員: 崇實大 大學院 電氣工學科

** 正會員: 崇實大 工大 電氣工學科 教授·工博

*** 正會員: 崇實大 工大 電氣工學科 副教授·工博

接受日字: 1993年 12月 25日

단점을 지니고 있다.

絶緣物中에서 部分放電이 발생하게 되면 絶緣物을 劣化시키므로 部分放電과 絶緣壽命은 깊은 상관관계가 있다고 인정되어 왔다. 變壓器 내부에서 발생하는 部分放電은 絶緣破壞의 전구현상으로 발생하는 경우가 많고, 이상상태 발생시 다른 징후보다 응답이 빠른 특성을 지니고 있으므로, 部分放電을 지속적으로 관찰하면, 變壓器 사고를 가장 유효하게 미연에 방지하거나, 감소시킬 수 있다.^{6),7)}

變壓器內에서 발생하는 部分放電을 검출할 수 있는 방법으로는 로고우스키 코일(Rogowski coil)을 중성선, 부상 및 접지선에 연결하여, 部分放電에 의하여 발생하는 전류펄스를 검출하거나, 變壓器 탱크에 超音波 탐촉자를 설치하여 超音波 신호 펄스를 검출하는 두가지 방식이다.^{8), 9)} 운전 중인 變壓器에서는 외부 전기펄스 및 음향 노이즈들이 많고, 變壓器 내부 구조의 복잡성으로 인하여 變壓器의 내부에서 발생하는 部分放電을 상시감시하기 위해서는 전류펄스와 超音波 신호펄스를 동시에 측정하여 두가지 방법을 서로 보완하여 복합적으로 이용한다면 신뢰성을 높일 수 있다.

국내외적으로 部分放電에 관한 研究는 部分放電의 위치검출, 部分放電量의 검출 및 방전형태의 인식에 관한 研究가 대부분을 이루고 있으며,^{10)~22)} 이들 研究에서는 전기신호와 超音波 신호의 검출을 필요로 한다.

本 研究에서는 超高壓 大容量 變壓器의 部分放電 특성에 관하여 검토한 후, 部分放電時 발생하는 超音波를 측정할 수 있는 측정장치를 개발하여, 기준준위(threshold)이상의 超音波 신호의 펄스수를 계수하여, 超音波 펄스수의 지속정도 및 변화 상태를 분석하였다. 특히 超音波 발생장치 및 침-평판전극에 일정전압을 인가하여 일정한 超音波 및 部分放電을 발생시킬 경우의 超音波 펄스수를 측정하여, 제작한 超音波 測定裝置의 신뢰성을 확인하였으며, 침-평판전극에 인가전압을 상승시켜 部分放電을 임의로 크게하거나, 침-평판전극에 絶緣紙를 삽입하고 일정전압을 인가하여 部分放電을 진전시킬 경우의 部分放電

진전상태에 따른 超音波 펄스수 및 전기신호 펄스수의 진전상태를 측정하여 비교, 분석하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

變壓器內에서 部分放電이 발생하면 전기적인 교란외에도 주파수 150~230[kHz] 정도의 超音波가 발생하게 되는데, 變壓器 외벽에 超音波 탐촉자를 부착함으로써 部分放電으로부터 전파된 超音波 펄스를 측정할 수 있다. 이를 이용함으로써 變壓器 내부 部分放電의 변화상태의 추정이 가능하며, 기준준위이상의 超音波 펄스수의 시간적 변화상태 등을 분석하여 部分放電에 의한 사고발생을 예지할 수 있다.

本 研究에서 구성한 實驗裝置는 高電壓 發生裝置 및 部分放電 검출기, 실험용 變壓器, 超音波 發生裝置(압전진동자 및 침-평판전극), 超音波 탐촉자 및 測定裝置, 超音波 펄스수 및 관련정보를 수집하여 분석하게 될 자료처리부로 나눌 수 있으며, 그림 1에 部分放電 測定裝置의 구성을 나타내었다.

高電壓을 공급하기 위한 장치는 Hipotronics사, 모델 750-5CF(Part No. DS 14-2162)이며 部分放電 검출기는 모델 CDO077A(No.40-50)를 사용하였다. 실험용 變壓器는 800×500×400[mm](A)와 410×320×255[mm](B)의 두 종류를 사용하였으며, 실험기간중의 絶緣油 온도는 10~20[°C] 정도였으며, 絶緣油는 광유계 絶緣油(KSC 2301)를 사용하였다.

變壓器內에서 발생하는 部分放電을 임의로 발

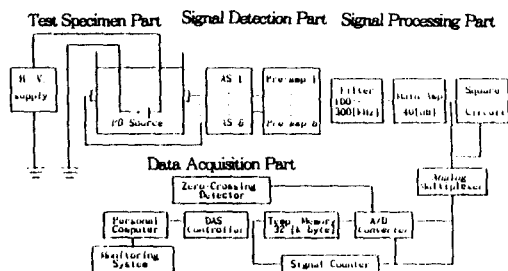


그림 1. 部分放電 測定裝置의 구성도
Fig. 1. Configuration diagram for partial discharge detector

생시키기 위하여, 그림 2와 같이 침-평판전극을 제작하였다. 침과 평판의 간격은 마이크로미터(micrometer)를 이용하여 $100(\mu\text{m})$ 단위로 $0\sim 25(\text{mm})$ 까지 조절할 수 있도록 하였으며, 이때, 눈금은 회전운동을 하도록 되어 있으나, 침전극은 직진운동을 하는 마이크로미터를 사용하였다. 마이크로미터와 침전극은 테프론 絶緣體로 절연하여 연결하였고, 高電壓 전원은 침 전극과 테프론 絶緣體 사이에 단자(terminal)를 이용하여 접속하였다. 침전극은 교환과 고정이 용이하도록 제작하였으며, 침전극은 지름 $1.1(\text{mm})$ 의 스테인레스(stainless steel)로 사용하였다. 침단의 곡률반경은 $10(\mu\text{m})$ 이 되도록 하였으며, 현미경으로 확인하여 곡률반경의 정확성을 기하였다. 평판전극은 스테인레스를 사용하여 지름 $43(\text{mm})$ 의 간이 로고우스키 전극을 제작하여 표면처리하였다. 침은 벤젠으로 세척하여 불순물의 부착이 없도록 하였으며, 평판전극은 방전전류를 제한하기 위하여 10

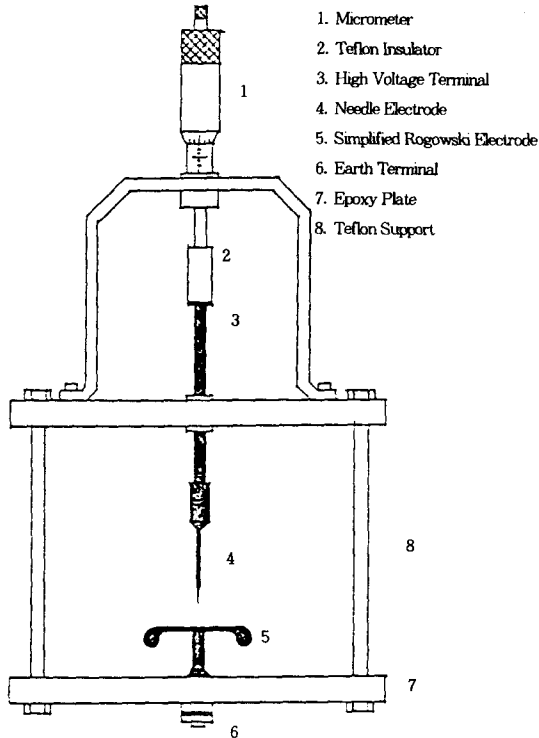


그림 2 침-평판전극
Fig. 2. Point to plane electrodes

$[k\Omega]$ 의 저항을 통하여 접지시켰다. 침-평판전극을 고정하기 위하여 에폭시판(epoxy plate)을 사용하였으며, 에폭시판사이에는 테프론 봉(teflon pipe)으로 지지하였다.

超音波 탐촉자의 센서는 PZT-5A인 8250-5A 디스크형의 압전소자(transducer)를 사용하였다. 超音波 탐촉자의 몸체는 알루미늄을 사용하여 제작하였으며, 자석을 사용하여 變壓器에 부착할 수 있도록 하였다. 탐촉자의 크기는 $104 \times 50 \times 35(\text{mm})$ 로 變壓器의 표면 어디에나 쉽게 부착할 수 있으며, 變壓器 표면과의 접촉압력을 적절히 조절할 수 있도록 하였다.

部分放電에 의한 超音波 신호와 전기신호는 전치 증폭기(pre-amplifier)로 $40(\text{dB})$ 증폭한 후 측정장치로 전송하도록 하였다. 측정장치에 도달한 신호는 $100\sim 300(\text{kHz})$ 의 대역통과 여파기(band pass filter)를 거친후, 주 증폭기(main-amplifier)로 $40(\text{dB})$ 까지 증폭할 수 있도록 하였으며, 불림저항을 사용하여 이득(gain)을 적절히 조절할 수 있도록 하였다. 또한, 部分放電에 의하여 발생된 超音波 신호와 외부 잡음신호를 명확하게 구분하기 위하여 필요시에는 제곱회로를 거치게 하였다.

超音波 測定裝置의 정상적인 동작여부를 점검하고 超音波의 특성을 研究하기 위하여, 超音波 탐촉자의 압전진동자를 이용하여 超音波 발생장치를 제작하였다. 이를 이용함으로써 超音波 탐촉자, 전치 증폭기, 대역통과 여파기, 주 증폭기 및 신호제곱회로 등의 회로시험 및 정상동작 여부와 발전상태의 점검을 용이하게 할 수 있었다.

部分放電時 발생하는 超音波 신호를 계수하여 전력기기의 사고예측 및 部分放電의 위치를 측정하기 위한 데이터 진단 시스템은 크게 자료수집을 위한 디지털 처리부와 응용 프로그램부로 구성되어 있으며, 장치의 확장성을 고려하여 최대 24채널의 다채널 超音波 신호처리 및 超音波 신호 계수부를 설치하였다.

超音波 신호수의 측정은 기준준위를 설정하여, 1초를 단위로 기준준위 이상의 신호를 계수하였다. 기준준위는 $0(\text{V})$ 부터 $15(\text{V})$ 까지 256단계의 설정이 가능하도록 하였으며, 숫자가 증가할수록

3. 실험결과 및 고찰

기준준위는 낮게 설정된다. 계수된 超音波 신호 수튼 컴퓨터로 전송되어 파일로써 저장되며, 화면에는 매초당 각 센서를 통해 검출되는 超音波 신호수를 나타내도록 하였다. 超音波 신호수는 초당, 분당, 시간당으로 저장되도록 하여, 전력용 기기에 이상이 발생할 경우, 그 시간대의 결과를 자세히 알 수 있도록 구성하였다. 그림 3은 本 研究에서 개발한 超音波 진단장치이다.



그림 3. 超音波 診斷裝置
Fig. 3. Ultrasonic detector

超音波 탐촉자의 특성을 시험하기 위하여 실험 용 變壓器(A) 내부에 超音波 발생기를 설치하고, 펄스전압을 인가하여 超音波를 발생시키고, 超音波 탐촉자를 이용하여 검출한 超音波 파형을 LeCroy 9410 오실로스코프를 사용하여 분석하였다. 압전진동자에 의한 超音波 발생을 변화시키기 위하여 펄스 전압의 인가는 32.7, 16.3, 8.17, 4.135(ms)마다 한번씩 발생할 수 있도록 하였으며, 400, 88.6, 7.25, 0.79(μ s)의 폭으로 변화시킬 수 있도록 하였다. 그림 4는 超音波 탐촉자를 (650, 0, 200)(mm)의 위치에 고정시키고, 압전진동자를 150(mm)의 거리로 유지하면서, 超音波 탐촉자와의 각도를 변화시켜 압전진동자의 지향성을 측정하는 것이다. 압전진동자의 음압분포는 정면방향으로 집중하여 강하게 超音波를 방사하였으며, θ 에 따라 감소하는 지향성을 나타내었다.

매질에서 전파되는 超音波의 특성중, 거리에 따른 감쇄정도를 알아보기 위하여 超音波 탐촉자를 (0, 220, 190)(mm)의 위치에 고정하고 압전진동자를 X축으로 30(mm)~600(mm)로 이동시키면서 측정하는 거리에 따른 감쇄를 그림 5에 나타내었다.

상대음압분포는 거리에 따라 급격히 감소하다가 50(mm)정도에서 최저치를 나타내고 증가하여 100(mm)정도에서 최대치가 나타난 후 다시 감소하였다. 음압에서 최대치가 나타나는 100(mm)보다 가까운 범위를 근거리 음장이라 하며, 근거리 음

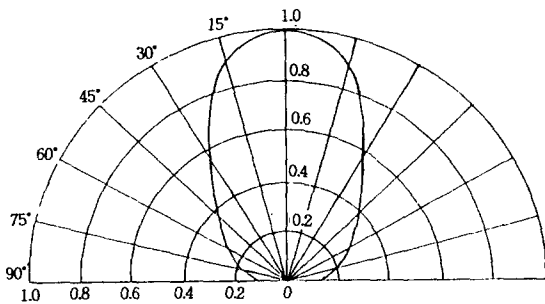


그림 4. 압전진동자의 지향성
Fig. 4. Nature of intention of the transducer

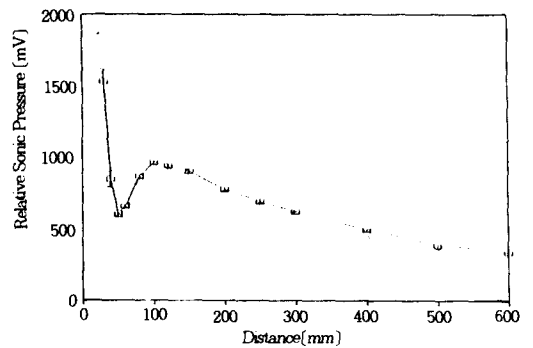


그림 5. 거리에 따른 음압의 감쇄
Fig. 5. Sound pressure attenuation with distance

장에서는 음원에 가까워도 음압이 감소되는 부분이 있는 등 복잡한 양상을 나타내므로 계측에 사용할 때는 주의를 요한다., 반대로 음압이 최대되는 100[mm]보다 먼 곳을 원거리 음장이라 하며, 음압은 음원에서 멀어짐에 따라 작아진다. 따라서, 그림 4와 같은 지향성을 가진 압전진동자를 탐촉자로 사용할 경우에는 전면으로부터 오는 파에 대해서는 지향성에 관계없이 잘 수신되지만, 그 외 방향으로부터 오는 파에 대해서는 감도가 상당히 낮게 된다. 또한, 超音波는 거리에 따라 감소하므로 탐촉자를 여러곳에 설치하여 變壓器 내부의 超音波를 측정하면, 가장 큰 출력이 얻어지는 위치를 찾음으로써 超音波의 발생 위치를 추정할 수 있으며, 정면방향이 아닌 방향으로부터 오는 잡음은 거의 포착하지 않으므로, 정면으로부터 미약한 신호가 온 경우에도 잡음과 분리하여 신호 대 잡음비를 높일 수 있다.

그림 6은 실험용 變壓器(B)에 압전진동자를 (90, 34, 155)[mm]의 위치에 놓고, 탐촉자를 (90, 0, 155)[mm]의 위치에 부착시키고, 인가 펄스 주기 32.7[ms], 펄스폭 400[μs]를 압전진동자에 가하여 超音波를 발생시키고, 超音波 탐촉자로 검출한 파형이다. 그림에서 A는 인가펄스전압의 파형이고, B는 超音波 탐촉자로 검출한 超音波 파형이다. 이 파형을 분석하여 보면, 펄스의 상승과 하락시 잔향을 일으키는 超音波 펄스가 상당히 많이 발생함으로, 계수기(counter)를 이용하여

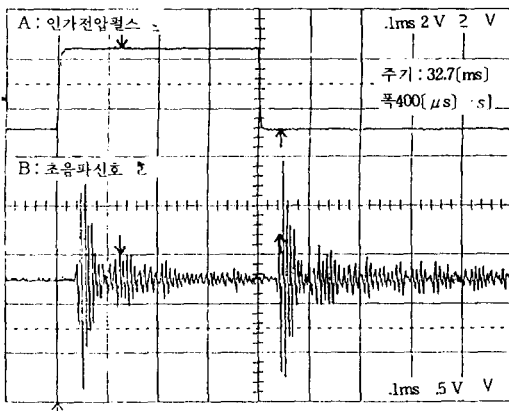


그림 6. 압전진동자에 의한 超音波 파형

Fig. 6. Ultrasonic waveform generated by the transducer

계수할 경우에는 이를 고려하여 분석하여야 한다.

그림 7은 本 研究에서 제작한 超音波 측정장치의 정확한 동작여부를 점검하기 위하여, 실험용 變壓器(B)에 압전진동자를 설치하여 일정한 超音波를 발생시키고, 超音波 측정장치로 검출한 超音波 펄스수이다. 部分放電에 의해 발생하는 超音波는 구면상으로 퍼져 나가게 되며, 전력용 變壓器 구조의 복잡성으로 인하여 정확한 部分放電의 크기와 部分放電의 위치를 추정하기 위해서는 3개 이상의 超音波 탐촉자를 부착할 필요성이 있다. 本 研究에서는 모두 4개의 超音波 탐촉자(acousticsensor)를 사용하였으며, 超音波 탐촉자의 위치는 다음과 같다.

AS1 : 260×0×165[mm] AS2 : 0×200×120[mm]
AS3 : 215×255×150[mm] AS4 : 410×95×150[mm]

超音波 발생장치의 펄스 폭과 주기는 400[μs], 32.7[ms]로 하여 3.14[V]를 인가하였으며, 超音波 발생기의 위치는 (220, 120, 190)[mm]에 위치를 고정하였다. 전치증폭기와 超音波 측정장치의 이득은 超音波 발생장치와 LeCroy를 이용하여 균일하게 조정하였다. 그림 7의 파형은 AS1~AS4의 超音波 탐촉자 중 AS2에서 검출한 超音波 신호를 대표적으로 나타낸 것으로서, 기준 준위 191(3.77[V])이상 되는 펄스를 계수하여 분당 평균하여 저장한 데이터이다. 350분에 걸쳐 측정된 超音波 펄스수는 상당히 일정하였다.

그림 8은 실험용 變壓器(A)에 超音波 발생원

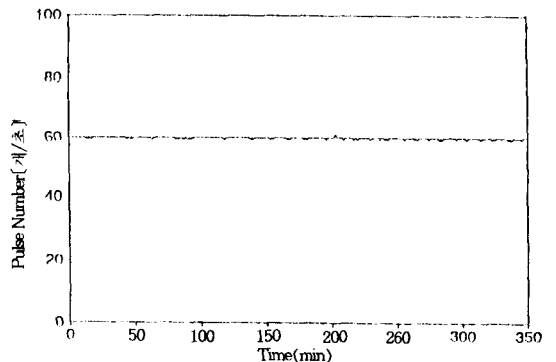


그림 7. 압전진동자에 의한 超音波 펄스수

Fig. 7. The ultrasonic pulse number generated by the transducer

으로 침-평판전극을 설치하고, 침전극에 고전압을 인가하여 部分放電을 임의로 발생시켜, AS2에서 측정된 超音波 펄스수의 경향이다. 침-평판전극 이의 부분에서의 部分放電 발생과 노이즈를 확인하기 위하여, 침을 제거하고 침 홀더(holder)와 평판전극간격을 25(mm)로 하고, 인가전압을 20(kV)까지 인가시켰다. 이때, 放電量은 최대 25(pC) 정도였으며, 인가전압의 증가에 따라 특별히 증가되는 변화가 없었다. 그러나, 部分放電量의 노이즈 성분이 25(pC) 정도 발생하는데 비하여, 超音波 신호는 전혀 측정되지 않았으므로, 超音波 신호로서 침-평판전극사이의 部分放電 발생유무를 확인하는 것이 더 편리하였다. 침-평판거리가 15(mm)일 경우에 7~8(kV) 정도에서 部分放電이 발생하기 시작하여 14~15(kV) 부근에서 파괴가 일어날 때까지 매 kV마다 일정시간동안 超音波 펄스수를 측정하였다. 그림 8에서 파형 (a)는 7(kV), 파형 (b)는 10(kV), 파형 (c)는 13(kV)가 침-평판전극에 인가되었을 경우의 超音波 펄스수로서, 기준준위 240(0.88(V)) 이상을 계수한 것이다. 전압의 상승에 따라 超音波 펄스수는 증가하여 파괴가 일어나기 직전인 13(kV) 부근에서는 크게 증가하였고, 진폭도 크게 나타났다. 그러나, 시간에 따른 超音波 펄스수는 상당히 안정되게 나타나 개발한 진단장치의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

그림 9는 침-평판전극사이에 1(mm) 두께의 絶緣紙를 삽입하고 인가전압을 10(kV)로 일정하게

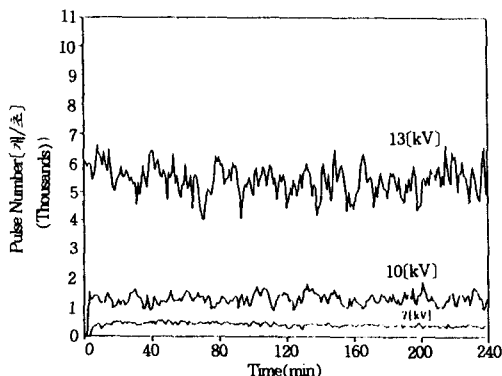


그림 8. 침-평판에 의한 펄스수
Fig. 8. The ultrasonic pulse number generated at the point to plane electrodes

인가하였을 경우에, 絶緣紙에서 部分放電이 진전되어 파괴에 도달할 때까지 超音波 신호의 펄스수를 계수하여 部分放電의 진전에 따른 超音波 펄스수의 경향을 측정된 것이다. 기준준위의 설정에 따른 超音波 펄스수의 변화를 보기 위하여, 각 채널의 기준준위는 AS1은 240(0.88(V)), AS2는 210(2.65(V)), AS3은 191(3.77(V)), AS4는 150(6.18(V))으로 설정하였다. 또한, 전기신호는 部分放電 검출기의 전기신호를 超音波 측정장치에 연결하여 펄스수를 계수하였으며, 기준준위는 240(0.88(V))으로 설정하였다. 10(kV)의 전압을 전극간에 인가하였을 경우에 部分放電이 미스하게 발생하기 시작하였으며, 超音波 신호는 AS1에서 10~20(개/초) 정도 측정되기 시작하였다. 전압을 인가하고 54분 경과한 후에 部分放電은 급속히 진전되기 시작하였으며, 93분 후에 파괴가 일어났다. 침-평판전극에서는 시간에 따라 상당히 안정된 部分放電이 발생하였으나, 絶緣紙를 삽입한 경우에는 部分放電의 발생이 상당히 불안정하였고, 部分放電에 의하여 絶緣紙가 劣火되어 部分放電의 진전이 급격히 증가함을 보였다. 기준준위 설정에 따라 超音波 펄스수가 크게 다르게 나타났으며, 특히 AS4에서는 기준준위의 설정이 높아서 측정된 超音波 펄스수가 없었으므로 그림에 나타나지 않았다. 그러나, 기준준위 설정에 따른 超音波 펄스수의 패턴(pattern)은 상

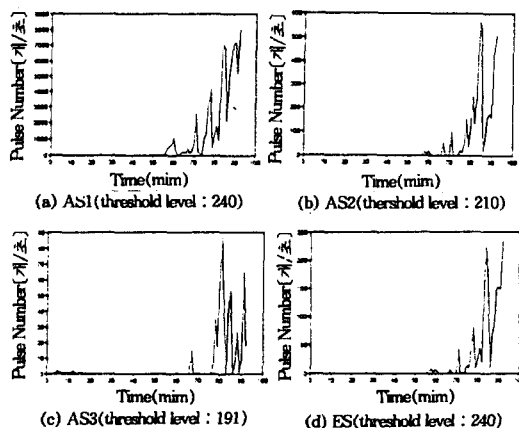


그림 9. 部分放電의 진전에 따른 펄스수의 경향
Fig. 9. Trend of the pulse number with partial discharge growth

당히 유사하게 나타났으며, 전기신호 펄스수와 超音波 신호 펄스수의 패턴도 유사하게 나타났다.

전력용 기기를 현장에서 상시감시하기 위해서는 모니터의 시간축을 월 또는 년단위로 설정하여 감시하게 될 것이다. 그러나, 기기에서 이상이 발생하면 그 부분에서의 자세한 데이터가 필요하게 된다. 그림 10은 그림 9의 파형 (a)에서 部分放電이 급격히 진전되기 시작한 54~60(분)부분에서의 자세한 결과를 알아보기 위하여 초당 기록된 데이터를 나타낸 것이다. 각 센서에서 측정된 超音波 신호의 펄스수는 그림 9에 비하여 상당히 큰 값으로 나타났다. 이러한 이유는 그림 9가 1분 동안에 측정된 초당 펄스수를 평균하여 저장하기 때문에 나타나는 현상으로 部分放電의 진전에 따른 超音波 펄스수의 패턴에는 크게 영향을 미치지 않았다.

이와같은 실험결과로 미루어 볼 때, 본 측정장치를 현장에 적용할 경우, 전력기기가 건전한 상태에서 측정된 超音波 펄스수 및 전기신호 펄스수를 기준으로 하여, 超音波 펄스수 및 전기신호 펄스수의 계수치가 일정레벨이상으로 진전되면 절연에 상당한 劣火가 진전된 것으로 보고, 경고를 발하여 變壓器를 정밀 점검하거나 필요한 조치를 취한다면 變壓器의 돌발사고를 상당히 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

本 研究에서는 실험실 조건에서 실험용 變壓器에 대하여 적용한 실험을 분석하였으므로, 앞으로 현장에서의 적용시험이 수행되어야 하며 이에

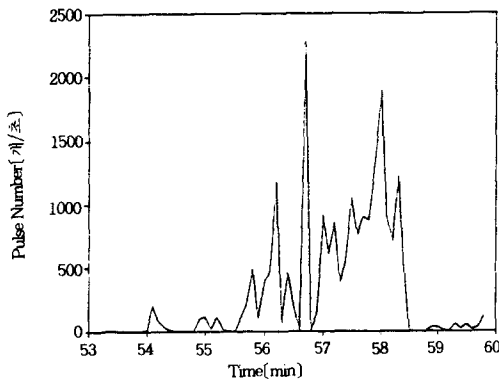


그림 10. 초당 기록된 超音波 펄스수의 경향
Fig. 10. Trend of the ultrasonic pulse number recording per second

적합한 보호장치 및 판정기준이 수행되어야 할 것이다.

4. 결 론

超音波 센서를 이용한 측정장치를 개발하여 超音波 신호수 경향분석에 의한 部分放電 진단기법에 관하여 연구한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 超音波 탐촉자의 음압분포는 정면방향으로 집중하여 강하게 방사하였으며, θ 에 따라 급격히 감소하는 지향성을 나타내었다. 또한, 거리에 따른 超音波의 상대음압분포는 100(mm)를 중심으로 근거리음장과 원거리음장으로 분리되었으며, 원거리음장에서는 거리에 따라 감소하였다.

2. 部分放電에 의한 超音波 신호를 계측하여 분석할 수 있는 超音波 탐촉자, 전치증폭기, 초음파 측정장치 등을 제작하여 초음파 발생장치 및 침-평판전극을 이용하여 측정한 결과, 측정된 超音波 신호수는 상당히 일정하여 개발한 측정장치의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

3. 침-평판전극사이에 1(mm)두께의 絶緣紙를 삽입하고 인가전압을 10(kV)로 일정하게 인가하였을 경우에 絶緣紙에서 部分放電이 진전되어 파괴에 도달할때까지 超音波 신호의 펄스수를 계수한 결과 部分放電의 진전에 따른 超音波 펄스수 경향의 측정은 만족할 만한 측정결과를 얻을 수 있었으며, 이를 이용하여 무정전상태에서 變壓器의 絶緣劣火診斷을 상시감시할 수 있음을 입증하였다.

本 研究를 기초로하여 여러가지 응용실험과 다른 診斷技法을 적절히 조합하여 운용한다면 운전 중인 變壓器의 상시감시 및 豫防診斷裝置로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) J. Slangen et. al., "Investigations on the Acoustic Emission Techniques for Locating Partial Discharge During Transformer Testing", *Elektro techiek* 67, 1989.
- 2) E. Gulski, et. al., "Computer Aided Recognition of Partial Discharge Source", *IEEE T-EI*, Vol. 27, No. 1, pp.82~92, 1992.

- 3) G. Capponi et. al., "Measurement of Partial Discharge in Solid Dielectrics with a Microprocessor Based System", IEEE T-EI, Vol. 27, No. 1, pp.106~113, 1992.
- 4) R. T. Harrold et. al., "Application of Technique and Results of Measurements", IEEE PAS, Vol. 98, No. 7, pp.1591~1599, 1981.
- 5) D. D. Chang and T. S. Sudarshan, "Analysis of Electric Stress Distribution in Cavities Embedded within Dielectric Structures", IEEE T-EI, Vol. 20, No. 2, pp. 213~219, 1986.
- 6) J. P. Crine and C. Vincent, "Influence of Ultrasonic Homogenization on Particle Counts and Dielectric Strength Measurements of Transformer Oil Samples", IEEE T-EI, Vol. 23, No. 4, pp.751~755, 1988.
- 7) E. Neagu and D. K. Das-Gupta, "Thermally Stimulated Discharge Current Studies of Corona-charged Tefzel", IEEE T-EI, Vol. 24, No.3, pp.489~494, 1989.
- 8) E. Howells and E. Norton, "Detection of Partial Discharge in Transformers using Acoustic Emission Techniques", IEEE PAS, Vol. 97, No. 5, pp.1538~1549, 1978.
- 9) 박희로, 김재철 등, "變壓器內 部分放電 탐지 및 위치 검출", 한국조명·전기설비학회지, Vol. 6, No. 1, pp.53~59, 1992.
- 10) J. H. Carpenter J. S. Kresge, and C.B. Musick, "Ultrasonic Corona Detector in Transformer", IEEE PAS, Vol. 84, NO. 2, pp.647~651, 1965.
- 11) D. A. Nattrass et. al., "Partial Discharge Measurement and Interpretation", IEEE T-EI, Vol. 4, No. 3, pp.10~23, 1988.
- 12) F. E. Wherry and L. R. Toothman, "The Significance of Corona Measurement on Transformers", IEEE PAS, Vol. 87, No. 11, pp.1889~1898, 1968.
- 13) 박희로, 김재철 등, "유입 변압기내 부분방전 위치 측정", 대한전기학회 논문지, Vol. 41, No. 11, pp.1316~1323, 1992.
- 14) E. Howells et. al., "Location of Partial Discharge sites in On-line Transformers", IEEE PAS, Vol. 100, No. 1, pp. 158~162, 1981.
- 15) Sun, Zipel et. al., "On-site Measurement and Location of Partial Discharges in Transformers without the Need of Special HV Supply", IEEE CH2587-4, pp.1591~1599, 1970.
- 16) M. G. Bellanger, "Adaptive Digital Filters and Signal Analysis", Marcel Dekker, Inc, 1987.
- 17) Ryszard Malewski, "Digital Techniques in High Voltage Measurements", IEEE, PAS, Vol. 101, No. 12, pp.4508~4517, 1982.
- 18) 岡本達希 外, "部分放電パルス計測におけるコンピュータ應用", EIM-90-36, pp.1~10, 1990
- 19) H. Kaward, et. al., "Partial Discharge Automatic Monitor for Oil-filled Power Transformer", IEEE PAS, Vol. 103, No. 2, pp.422~428, 1984.
- 20) C. Dervos et. al., "Enhanced Partial Discharge due to Temperature Increase in the Combined System of a Solid-Liquid Dielectric", IEEE T-EI, Vol. 25, No. 3, pp.469~474, 1990.
- 21) Wolfgang Pfeiffer, "Partial-Discharge Testing of Components of Low-voltage Equipment", IEEE T-EI, Vol. 26, No. 2, pp.247~257, 1991.
- 22) 西口法明 外, "部分放電發生パターン認識による劣化診断および宗壽命推定", ED-92-37, pp.1~10, 1992

본 연구는 1992년 한국과학재단 지원금에 의하여 수행되었음