

# 유중 부분방전 펄스 특성을 이용한 TF 분석에 대한 고찰

論 文

54C-11-7

## Considerations on the TF Analysis using Partial Discharge Pulse Characteristics in Oil

金正泰<sup>†</sup>  
(Jeong-Tae Kim)

**Abstract** - In this paper, it was investigated the characteristics of PD(partial discharge) pulse shapes in oil and the possibility of TF(Time-Frequency) analysis for the discrimination of air corona in on-site PD measurement of oil transformers. For the purpose, single and multiple discharges combined with oil discharges and air corona were generated and measured by use of artificial models through the HFPD pulse detector and the oscilloscope. PD pulse shapes were different according to the type of defects, especially including air corona pulses. Also, through the TF analysis, data clusters could be classified each other in the TF Map, even in the case of multiple discharges. Therefore, it is known that TF analysis could be applied for the improvement of on-site PD measurement in oil transformers.

**Key Words** : Partial Discharge, Oil Transformer, TF Analysis, PD Pulse Shape, Noise Discrimination

### 1. 서 론

유입식 변압기는 주로 과도한 전자파 환경의 변전소에 설치되기 때문에 변압기의 열화진단을 위한 현장 부분방전 측정은 사실상 어렵다. 특히 부분방전 측정에 문제가 되는 것은 거의 수 [V]에 이르는 기중 코로나 방전 노이즈로서, 유중 부분방전이 방전량이 크더라도 간헐적이기 때문에 기중 코로나와 뒤섞이는 경우에는 PRPD(Phase Resolved Partial Discharge) 분석으로 구분하기 어렵다.

최근 이 문제에 대한 해결방안으로 부분방전 펄스 파형이 기중 코로나나 노이즈 펄스의 파형과는 다르다는 점에 착안하여, 측정된 펄스 파형을 분석하고 특성을 추출하여 부분방전 데이터와 노이즈를 구분하는 연구가 이루어지고 있다. 이들 방법은 대체로 측정된 펄스의 파형을 시간에 따른 데이터와 FFT 변환을 통해 얻어지는 주파수에 따른 데이터에 대해 통계적인 분산으로 분석(Time-Frequency(TF) 분석)하여 특성을 추출하거나[1,2], 아니면 펄스의 중심주파수와 펄스 폭을 추출하여 분석하는 방법[3] 또는 펄스의 상승시간 및 하강시간이나 slew rate 등을 이용하여 펄스의 특성을 추출하는 방법이 이용되고 있다. 아울러, 펄스의 최대값 및 최소값, 그 비율 또는 샘플 데이터의 총합 및 부분 합, 영점 통과 횟수 및 위치 등을 이용하여 펄스들을 분류하는 방법에 대한 연구도 이루어지고 있다.[4]

이 방법들은 대체로 전력 케이블이나 회전기 등에 적용되어 효과적인 것으로 보고되고 있으나, 아직까지 유입식 변압기에 대한 적용은 미미한 실정이다. 이러한 이유는 유입식

변압기의 경우에는 절연진단 방법으로 유중가스분석(Dissolved Gas Analysis : DGA)이 현장에 주로 적용되고 있으며, 변전소의 과도한 노이즈로 인해 일반적인 부분방전 측정이 용이하지 않기 때문이다. 이에 따라 최근에는 센서를 변압기 내에 삽입하여 UHF 대역에서 부분방전을 측정하고자 하는 연구가 많이 이루어지고 있다.[5,6] 그러나, UHF 측정은 상당히 고가의 측정기기 및 고도의 전문적인 분석기술이 요구되므로, 현장에서 쉽게 적용할 수 있으며 노이즈 제거 효과가 큰 TF 분석을 이용한 부분방전 측정방법과 같은 연구가 필요하다고 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 유입식 변압기에 대한 현장 부분방전 측정의 기중 코로나 방전 노이즈 제거를 위해 TF 분석 방법이 적용 가능한지를 조사하였다. 이를 위해 유입식 변압기에서 발생 가능한 결함을 모의한 유중 방전과 기중 코로나 방전을 발생시키고 이들의 부분방전 펄스 파형을 측정하고 차이점을 분석하였으며, TF 분석을 수행하였다.

### 2. 실험 방법

#### 2.1 모델 결함

유입식 변압기에서 발생 가능한 결함의 종류와 이에 대한 모의 결함의 형태에 대해서는 상당히 많은 보고[7-9]가 이루어져 있으며, 본 연구에서는 각 결함별 부분방전 펄스 파형 측정 및 특성 파악을 위해, 유중 코로나, 유중 표면방전, 유중 플로팅 방전 및 기중 코로나를 우선적으로 모델 결함으로 선정하였다.

#### ① 유중 코로나

유중 코로나의 발생을 위해 유중에서 10 $\mu$ m 곡률반경의 스텐레스 침(Ogura사 제품)을 이용하여 침-평판 전극을 설치하

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 大眞大 電氣情報시스템공學科 副教授 · 工博

E-mail : tkim@daejin.ac.kr

接受日字 : 2005年 9月 8日

最終完了 : 2005年 10月 11日

였다. 아울러, 완전 절연과괴로 인한 측정장비의 파손 방지를 위해 평판 전극에 두께 3.2mm의 프레스보드를 설치하였다. 이때, 침 전극과 프레스보드와의 사이 간격은 3~15 mm 정도로 조절하며 실험하였다. 그림 1은 유중 코로나 모델의 사진이다.

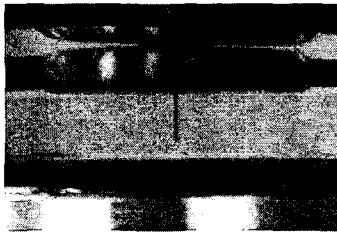


그림 1. 유중 코로나 모델  
Fig. 1. Oil corona model

② 유중 표면방전

유중 표면방전으로는 보다 낮은 전압에서 방전발생이 가능하도록 평판-프레스보드-편판 전극 구조 중 고전압 전극과 프레스보드(두께 3.2mm) 사이에 직경 2.0mm $\phi$  길이 10mm의 강선 조각을 삽입하였다. 그림 2는 유중 표면방전 모델의 사진이다.

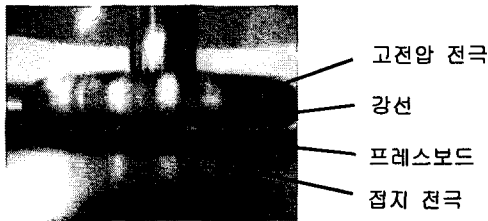


그림 2. 유중 표면방전 모델  
Fig. 2. Model of surface discharge in oil

③ 유중 플로팅 방전

매우 다양한 형태의 유중 플로팅 방전이 존재하지만 본 연구에서는 우선적으로 절연층 사이의 금속 이물을 모의하였다. 그림 3에 나타낸 바와 같이 직경 2.0mm $\phi$  길이 10mm의 강선 조각을 평판-프레스보드-강선-프레스보드-평판 전극 구조 즉, 유중 표면방전 모델의 10mm 강선위에 두께 3.2mm의 프레스보드 한 장을 더 덮고 고전압 전극으로 누른 형태로 하여 부분방전을 측정하였다. 이 모델은 사진으로는 금속 이물이 잘 나타나지 않아 개략도로 나타내었다.

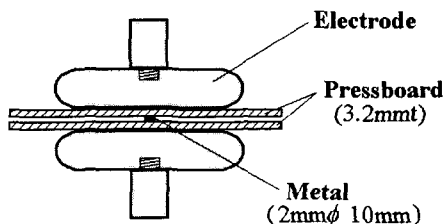


그림 3. 유중 플로팅 방전 모델  
Fig. 3. Model of floating discharge in oil

④ 기중 코로나 방전

유중 방전과 구분을 위한 기중 코로나 방전은 침-평판 전극 구조 보다는 고전압 전극 옆으로 금속선을 꽂아 대기 중으로 코로나 발생을 유도하였다. 이것은 유중 방전과 동시에 기중 코로나가 발생되는 것을 모의하기 위한 것으로 향후 탐모의 방전과의 다중 방전 형성이 가능하도록 한 것이다. 고전압 전극에 옆으로 꽂은 금속선은 직경 2.0mm $\phi$  길이 100mm 정도의 강선으로 끝 부분을 모나지 않게 가공하여 보다 높은 전압에서 코로나가 발생하도록 하여 방전량이 가급적 크게 되도록 하였다. 그림 4는 기중 코로나 방전 발생 모델의 사진이다.

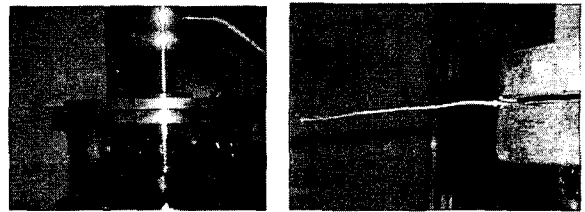


그림 4. 기중 코로나 방전 모델  
Fig. 4. Air corona model

2.2 실험 시스템

유중 TF 분석을 수행하기 위해서는 각종 결함에서 발생하는 부분방전 펄스 파형의 특성 및 방전의 양상이 어떠한 차이가 있는지 파악하여야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 TDS 744A 500MHz 오실로스코프와 제작한 저항성(50 $\Omega$ ) 센서 및 HFCT(공진주파수 14.5MHz)를 이용하여 부분방전 펄스 파형을 측정하고 분석하였다.

그림 5는 유입식 전력기기의 모의 결함에서 발생하는 부분방전을 측정하기 위한 개략도이며 그림 6은 실제 실험 전경이다. 100kV PD free 변압기에서 발생된 60Hz 고전압 전원은 파형 개선을 위한 커플링 커패시터 Ck를 거쳐 각종 결함 모델을 장착 가능한 전극 시스템으로 연결되고 접지선에 저항성 센서 및 HFCT를 장착하여 본 연구에서 펄스 파형 분석용으로 제작한 HFCT 측정장치와 TDS 744A 500MHz 오실로스코프를 거쳐 측정 신호를 컴퓨터에 저장시킨다.

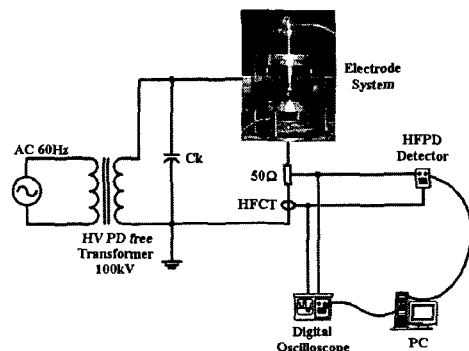


그림 5. 부분방전 측정 시스템 개략도  
Fig. 5. Block diagram of partial discharge measuring system

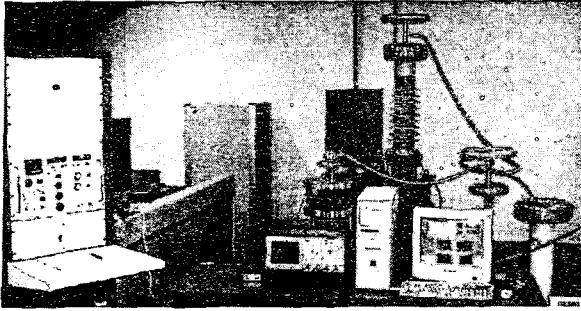


그림 6. 실험 전경  
Fig. 6. View of experimental setting

본 연구에서 제작한 펄스 파형 분석용 HFPD 측정장치는 입력되는 신호에 대해 100MS/sec의 분해능으로 S/W Trigger 방식으로 어느 레벨 이상의 신호에 대해 계속하도록 H/W와 S/W를 구성되었다. 측정장치를 통해 컴퓨터로 들어온 데이터를 일정 시간동안 저장시킨 뒤 TF 분석을 수행하였다.

2.3 TF(Time-Frequency) 분석 방법

유중 본 연구에서 적용한 TF 분석 방법으로는 측정된 펄스 파형에 대한 통계적인 분산(표준편차)을 이용하였다. 본 연구에서는 측정된 펄스의 중심주파수나 펄스폭 및 펄스 상승 시간과 slew rate 등 다양한 파라미터를 이용하여 분석하였으나, 분산값을 이용한 방법에 비해 효과가 분명하지 않았다. 이것은 100MS/sec의 분해능으로 데이터를 취득하기 때문에 분석에 오차가 많이 포함되기 때문인 것으로 생각된다. 따라서, 본 연구에서는 통계적인 분산값을 이용하여 TF 분석을 수행하였다.

일반적으로 통계적인 기법으로 분산을 이용할 때에는 보통 데이터를 정규분포(normal distribution)에 따라 해석되는 평균값, 표준편차, 왜도 및 첨쇄도 등 통계 파라미터(statistical parameter)를 이용하여 분석할 수 있다. 본 연구에서는 이 중에서 표준편차(standard deviation)를 이용하여 TF 분석을 수행하였으며, 보다 구체적으로는 다음과 같다[1]. 먼저 측정기기를 통해 컴퓨터로 입력된 PD 신호  $s(t)$ 를 규격화시키고(단,  $t$ 는 시간임), 규격화 신호  $\bar{s}(t)$ 에 대한 표준편차를 시간 영역과 주파수 영역에서 다음과 같이 계산한다.

$$\sigma_T = \sqrt{\int_0^T (t - t_0)^2 \bar{s}(t)^2 dt} \tag{1}$$

$$\sigma_f = \sqrt{\int_0^\infty f^2 |\bar{S}(f)|^2 df} \tag{2}$$

여기서,  $f$ 는 주파수이고,  $\bar{S}(f)$ 는  $\bar{s}(t)$ 의 Fourier 변환 그리고  $t_0$ 는 규격화 신호의 "무게 중심"으로

$$t_0 = \int_0^T t \bar{s}(t)^2 dt \tag{3}$$

이다. 이에 따라 변환 후에는 PD 신호는 주파수와 시간의 형상에 대한 정보를 갖고 있는 숫자 한 쌍으로 바뀌게 된다. 지속적으로 측정되어 분석되는 펄스들의 특성값(예, 표준편차, Standard Deviation)을 가로축으로는 시간함수(시간영역)에 대한 표준편차를 그리고 세로축으로는 주파수함수(주파수영역)에 대한 표준편차로 구성되는 그래프에 누적시켜 TF Map을 구성하게 된다. 이때, 동일한 종류의 발생원으로부터 발생된 펄스들은 특성값이 거의 유사할 것이므로, TF Map에서 군집화되어 클러스터를 형성하게 되며 이 클러스터들을 별도로 구분하면 각 펄스 발생원에 따른 개개의 분석이 가능하게 된다.

이러한 통계적인 분산을 이용한 분석에서 반드시 표준편차만을 이용할 필요는 없다. TF Map에서 각 발생원별로 클러스터의 구분이 확실한 분석방법이면 되기 때문에 파형의 특성에 따라 왜도나 첨쇄도 등의 방법을 이용할 수 있다. 본 연구에서는 통계적인 분산 방법을 이용하여 클러스터의 구분이 가능한지를 파악하기 위해 우선적으로 표준편차를 이용하였다.

3. 실험 결과 및 분석

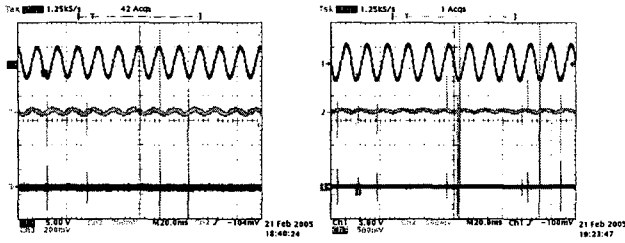
3.1 단일 방전에 대한 결과 및 분석

① 유중 코로나

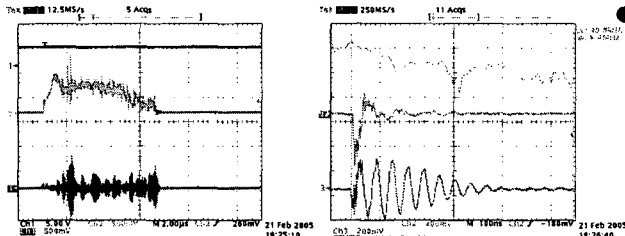
유중에서 10 $\mu$ m 곡률반경의 침-프레스보드 평판 전극 구조에서 전극-프레스보드 사이의 거리 3mm, 인가전압 20kV일 때 발생한 부분방전 펄스 파형의 예를 그림 7에 나타내었다. 그림 7.(a)에 나타낸 전체 측정 파형에서 CH1은 인가전압, CH2는 저항성 센서, CH3는 HFCT에 의한 파형이다. 저항성 센서는 유중 정부극성 코로나가 확연히 구분되지만 HFCT는 공진형으로 나타나므로 정부극성의 구분이 어렵다. 그림 7.(b) 및 (c)에 정부극성 유중 코로나 펄스 파형을 자세히 나타내었다. 정극성 유중 코로나는 거의 10 $\mu$ s 정도의 상당히 긴 파형을 나타내지만 부극성 유중 코로나는 0.5 $\mu$ s 이하의 상당히 짧은 펄스를 나타낸다. 그러나, 정부극성 모두 저항성 센서의 주 주파수는 8.4MHz 정도로 나타났다.

그림 7.(d)는 부극성 유중 코로나 펄스들이 연속적으로 발생되어 나가는 것을 측정된 파형으로, 정극성의 경우에는 긴 파형 하나가 발생되지만 부극성의 경우에는 크고 작은 부극성 펄스들이 연속적으로 발생하는 것을 볼 수 있다. 따라서, TF 분석 수행시 단일 펄스를 잡기 위한 시간 범위를 결정하기 매우 어렵게 된다. 즉, 정극성의 경우는 10 $\mu$ s 정도이므로 측정 시간 범위를 수  $\mu$ s 정도로 하더라도 전체 파형을 잡기 어렵고, 부극성의 경우는 하나의 펄스가 0.5 $\mu$ s 이하 길이이므로 측정 범위를 수  $\mu$ s 정도로 할 경우 여러 개의 펄스가 측정되어 펄스 하나의 분석이 어려워진다. 이에 따라, 유중 코로나의 파형 특성을 정확히 분석하는 것에 문제가 있다.

그림 7.(e)는 유중 코로나에 대한 TF Map으로, 그림 좌측에는 부극성 유중 코로나에 의한 클러스터가 확실하게 형성되고 있으나, 그림 우측으로 산포되고 있는 데이터들은 정극성 유중 코로나에 의한 클러스터이다. 이러한 결과는 전술한 바와 같이 정극성 펄스가 상당히 긴 시간으로 나타나기 때문에 발생하는 부정확함으로 해석된다.

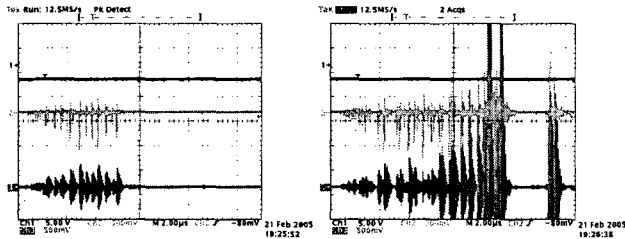


(a) 유중 코로나 방전 예  
(a) Examples of oil corona

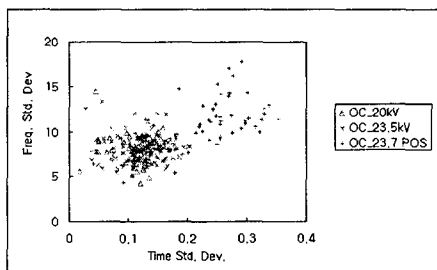


(b) 정극성 유중 코로나  
(b) positive oil corona

(c) 부극성 유중 코로나  
(c) negative oil corona



(d) 연속적인 부극성 코로나 펄스열의 사례  
(d) Examples of sequential negative corona pulse train



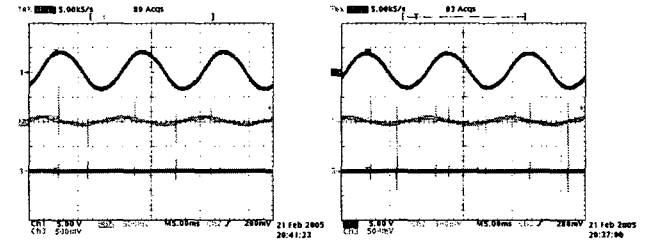
(e) TF 분석  
(e) TF analysis

그림 7. 유중 코로나 펄스 파형 및 TF 분석 결과  
Fig. 7. Wave shapes of oil corona pulses and the result of TF analysis

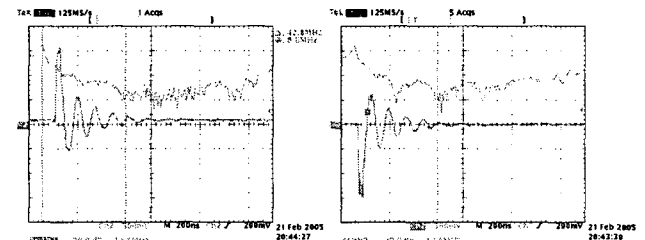
② 유중 표면방전

전극-강선(2.0mm $\phi$ ,10mm)-프레스보드-전극 구조의 유중 표면방전 모의 결합에 대해 24.5kV의 전압을 인가한 경우 발생한 표면 방전의 전체 파형을 그림 8.(a)에 나타내었다. 여기에서도 CH1은 인가전압, CH2는 저항성 센서, CH3는 HFCT에 의한 파형이며, 저항성 센서의 경우 정 부극성 펄스의 구분이 명확하다. 대체로 유중 코로나 보다는 많은 수의 방전을 보이고 있다. 정극성이나 부극성 유중 표면 방전 모두 극성만 다를 뿐 동일한 파형과 동일한 6.8MHz의 주 주파수를 가지고 있다. 이에 따라, 유중 표면방전에 대한 TF 분

석은 용이할 것으로 판단된다. 실제로 그림 8.(d)에 나타낸 TF Map에서 보면 유중 표면방전의 데이터들이 정/부극성 펄스에 관계없이 한 곳에 잘 군집화되고 있는 것을 볼 수 있다.

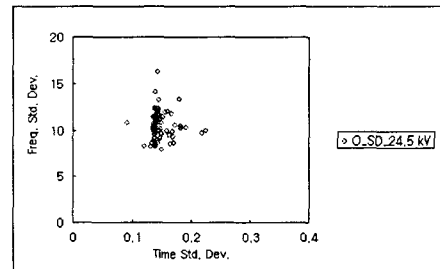


(a) 유중 표면방전 예  
(a) Examples of surface discharge in oil



(b) 정극성 유중 표면방전  
(b) positive surface discharge in oil

(c) 부극성 유중 표면방전  
(c) negative surface discharge in oil



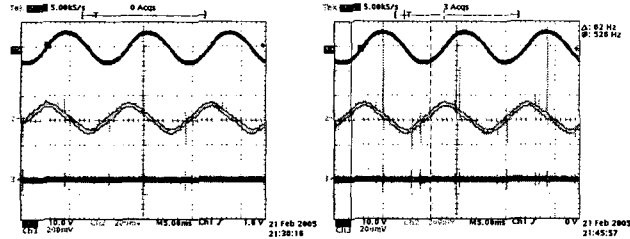
(d) TF 분석  
(d) TF analysis

그림 8. 유중 표면방전 펄스 파형 및 TF 분석 결과  
Fig. 8. Wave shapes of surface discharge pulses in oil and the result of TF analysis

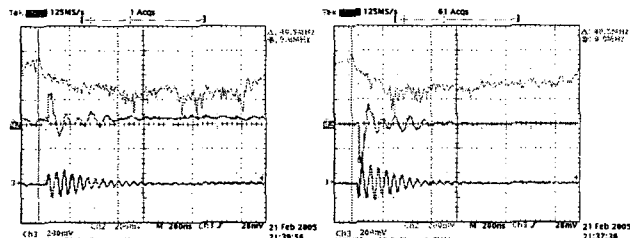
③ 유중 플로팅 방전

평판-프레스보드-강선(2.0mm $\phi$ ,10mm)-프레스보드-평판 전극 구조를 이용하여 40kV를 인가한 경우 발생한 플로팅 방전의 전체 파형을 그림 9.(a)에 나타내었다. 여기에서도 CH1은 인가전압, CH2는 저항성 센서, CH3는 HFCT에 의한 파형이며, 저항성 센서의 경우 정 부극성 펄스의 구분이 명확하다. 동일한 전압인 데도 불구하고 플로팅 방전은 방전의 발생과 소멸 및 방전의 크기가 빈번히 변화하였다. 그림 9.(a)의 좌측 파형과 같은 작은 방전의 경우 정부극성 방전 파형을 그림 9.(b) 및 (c)에 나타내었으며, 이들은 9MHz의 주 주파수를 가져 6.8MHz인 유중 표면방전과 주 주파수는 다르지만 파형 자체는 매우 유사하게 나타났다. 그러나, 그림 9.(a)의 우측 파형에 나타난 매우 큰 정극성 방전은 정극성

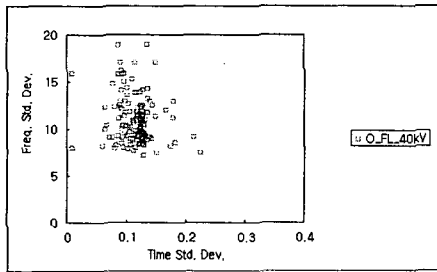
유중 코로나와 같은 방전으로 보이지만 매우 간헐적으로 나타나 확실한 측정은 어려웠다. 한편, TF 분석결과인 그림 9.(d)를 보면 그림 (b) 및 (c)에서 유추할 수 있는 바와 같이 한 곳에 클러스터가 형성되고 있다.



(a) 유중 플로팅 방전 예  
(a) Examples of floating discharge in oil



(b) 정극성 플로팅방전 (b) positive floating discharge in oil  
(c) 부극성 플로팅방전 (c) negative floating discharge in oil

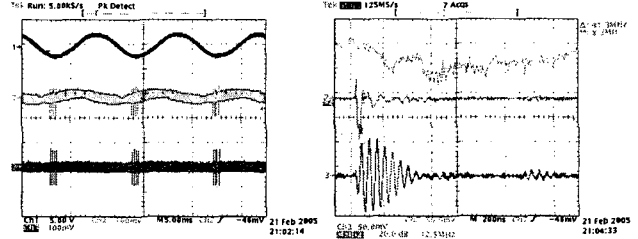


(d) TF 분석  
(d) TF analysis

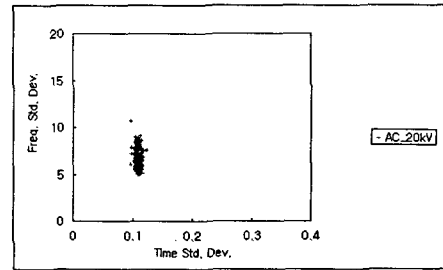
그림 9. 유중 플로팅 방전 펄스 파형 및 TF 분석 결과  
Fig. 9. Wave shapes of floating discharge pulses in oil and the result of TF analysis

④ 기중 코로나 방전

유중 방전과 비교를 위한 기중 코로나 방전은 고전압 전극에 옆으로 직경 2.0mm $\phi$  길이 100mm의 강선을 꽂아 실험하였다. 그림 10.(a)는 16.5kV의 전압을 인가한 경우 발생된 전형적인 부극성 기중 코로나 파형이다. 여기에서도 CH1은 인가전압, CH2는 저항성 센서, CH3는 HFCT에 의한 파형이며, 저항성 센서의 경우 부극성 펄스라는 구분이 명확하다. 펄스 파형의 형태는 유중 방전과 유사하지만 주 주파수는 8.3MHz 정도로서 유중 방전 펄스들과는 차이를 보이고 있다. 그림 10.(c)에 나타난 TF 분석에서는 부극성 기중 코로나 방전이 매우 집중적으로 군집화되고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 양상은 유중 방전의 결과와는 다른 양상이다.



(a) 기중 코로나 방전 예 (a) Example of air corona  
(b) 부극성 기중 코로나 파형 (b) Wave shape of negative air corona



(c) TF 분석  
(c) TF analysis

그림 10. 기중 코로나 방전 펄스 파형 및 TF 분석 결과  
Fig. 10. Wave shapes of air corona pulses in oil and the result of TF analysis

3.2 다중 방전에 대한 결과 및 분석

이상 분석한 바와 같이 각 모델 결합의 종류에 따라 다양하게 클러스터가 형성되는 것을 알 수 있다. 그러나, 여러 종류의 결합이 동시에 발생하는 경우에는 서로의 클러스터가 겹쳐 분석이 어려워질 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 가장 구분되어야 할 기중 코로나 방전을 중심으로 유중 방전과의 다중 방전을 발생시켜 이에 따른 TF 분석을 수행하고 단일 방전의 결과와 비교하였다. 그림 11은 다중방전의 측정예로서, 부극성 기중 코로나 방전과 유중 플로팅 방전을 동시에 발생시킨 경우의 오실로그래프이다. CH1의 인가 전압의 위상으로 볼 때, CH2의 저항성 센서로 측정된 데이터가 인가전압의 변위전류에 중첩하여 전형적인 부극성 기중 코로나 펄스들과 함께 그림 9에 나타난 바와 같은 유중 플로팅 방전의 펄스들이 같이 나타나고 있다. 결국 본 연구의 관심사는 이와 같은 복합적인 부분방전 데이터에서 실제 부분방전만을 가려내는가 하는 점이다. 그림에서 CH3는 참고로 측정한 HFCT의 데이터이다.

① 기중 코로나와 유중 코로나의 다중 방전

그림 12.(a)는 기중 코로나 방전과 유중 코로나 방전(부극성)을 다중 방전으로 발생시켰을 경우 수행한 TF 분석 결과이며, 그림 12.(b)는 단일 방전으로 기중 코로나 및 유중 코로나를 발생시켜 하나의 그림에 같이 나타낸 것이다. 2 개의 TF Map을 비교해보면 거의 같은 형태라는 것을 알 수 있어 본 실험이 잘 이루어졌다는 것을 알 수 있다.

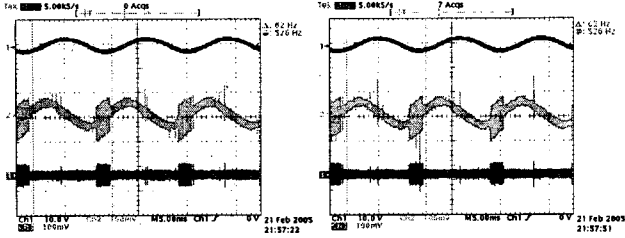
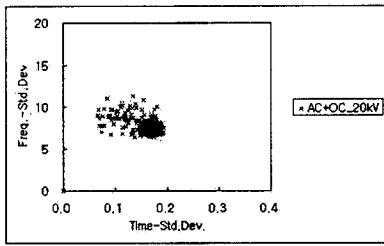
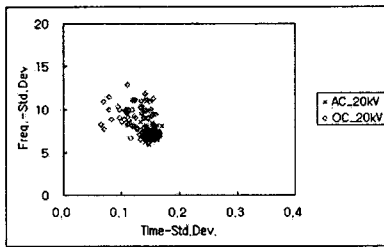


그림 11. 다중 방전 측정파형의 예 (기중 코로나 + 유중 플로팅 방전)

Fig. 11. Examples of multiple discharges (air corona + floating discharge in oil)



(a) 다중방전  
(a) multiple discharges



(b) 단일방전의 조합  
(b) combination of single discharges

그림 12. 기중 코로나와 유중 코로나의 TF 분석  
Fig. 12. TF analysis of air corona and oil corona

② 기중 코로나와 유중 표면방전의 다중 방전

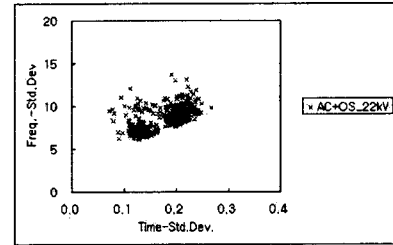
그림 13.(a)는 기중 코로나 방전과 유중 표면방전을 다중 방전으로 발생시켰을 경우 수행한 TF 분석 결과이며, 그림 13.(b)는 단일 방전으로 기중 코로나 및 유중 표면방전을 발생시켜 하나의 그림에 같이 나타낸 것이다. 2 개의 TF Map 을 비교해보면 거의 유사한 양상으로 상당히 잘 구분되고 있는 것을 볼 수 있다.

③ 기중 코로나와 유중 플로팅 방전의 다중 방전

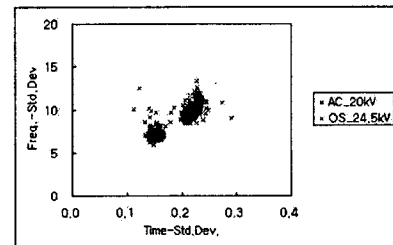
그림 14.(a)는 기중 코로나 방전과 유중 플로팅 방전을 다중 방전으로 발생시켰을 경우 수행한 TF 분석 결과이며, 그림 14.(b)는 단일 방전으로 기중 코로나 및 유중 플로팅 방전을 발생시켜 하나의 그림에 같이 나타낸 것이다. 역시 유사성을 보이고 있다

이상과 같은 다중 방전에 대한 분석에서 기중 코로나 방전의 클러스터는 유중 방전과 구분되게 나타나, 유입식 기기의 절연 결합에 대한 부분방전 해석에서 기중 코로나 노이즈를

구분해 낼 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 특히, 단일 방전에서 얻은 데이터를 조합하여 구성한 그래프와 실제 다중 방전을 일으켜 분석한 경우의 그래프가 잘 일치하고 있어, 이러한 방법이 효과적임을 제시하고 있다.

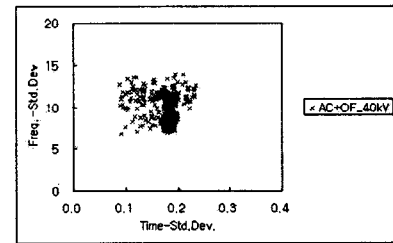


(a) 다중방전  
(a) multiple discharges

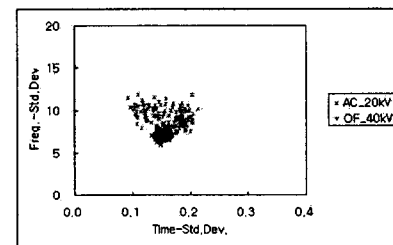


(b) 단일방전의 조합  
(b) combination of single discharges

그림 13. 기중 코로나와 유중 표면방전의 TF 분석  
Fig. 13. TF analysis of air corona and surface discharge in oil



(a) 다중방전  
(a) multiple discharges



(b) 단일방전의 조합  
(b) combination of single discharges

그림 14. 기중 코로나와 유중 플로팅방전의 TF 분석  
Fig. 14. TF analysis of air corona and floating discharge in oil

#### 4. 결 론

본 연구에서는 유입식 변압기에 대한 TF 분석의 가능성 조사를 위해 모의 유증 방전과 기증 코로나 방전을 발생시키고 이들의 부분방전 펄스 파형을 측정하고 차이점을 분석한 결과 다음과 같은 결론은 얻었다.

대표적인 유증 방전인 유증 코로나, 유증 표면방전 및 유증 플로팅 방전은 각각 방전 펄스의 형태가 유사하게 나타나지만 주파수가 다르게 나타났다. 특히 기증 코로나의 주파수는 유증방전과는 다르게 나타나 펄스파형을 분석할 경우 유증 방전과 기증 코로나 방전을 구분할 수 있었다.

유증 방전 및 기증 코로나 방전의 단일 방전과 다중 방전에 대한 실험 결과에 대해 통계적인 분산(표준편차) 방법을 이용하여 분석한 결과, TF Map에서 결합들 간에 클러스터가 구분되며 특히 현장에서 문제시되는 기증 코로나의 구분이 가능함을 확인할 수 있었다.

이상과 같은 결과를 토대로 향후 TF 분석 알고리즘을 확립하고 H/W 및 S/W의 보안을 통해 현장 유입식 변압기에 대한 부분방전 측정의 정확도를 향상시킬 수 있다고 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2004-B-123) 주관으로 수행된 과제임.

#### 참 고 문 헌

[1] A.Cavallini et al, "A New Approach to the Dianosis of Solid Insulation Systems Based on PD Signal Inference", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol.19, No.2, pp.23~30, 2003

[2] A.Cavallini et al, "Advanced PD Interference in On field Measurements. Part 1 : Noise Rejection", IEEE Trans on DEI, Vol.10, No.2, pp.216~224, 2003

[3] H.J. van Breen, E. Gulski, J.J. Smit, H.F.A. Verhaart and W. de Leeuw, "Performance analysis of different on-line PD measurement techniques for usage on Turbo Generators", XIIIth International Symposium on High Voltage Engineering (ISH 2003), Diagnostics and on-line monitoring for CBM Session, Delft, Netherlands, August 25-29, 2003

[4] W. Krause, H.-G. Kranz, "Pulse Preclassification for online PD Noise Suppression based on realtime Pulse Shape Identification", 14th International Symposium on High Voltage Engineering, G-002, Tsinghua University, Beijing, China, August 25-29, 2005

[5] K. Raja, F. Devaux, and S. Lelaidier, "Recognition of Discharge Sources Using UHF PD Signatures", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 18, No. 5, pp.8-14, 2002

[6] M.D. Judd1, G.P. Cleary1 and S. Meijer, "Testing UHF partial discharge detection on a laboratory based power transformer", 13th International Symposium on High Voltage Engineering, TU Delft, NETHERLANDS, 25-29 August 2003

[7] M. A. Elborki, P. A. Crossley, Z. D. Wang, A. Darwin and G. Edwards, "Detection and Characterisation of Partial Discharges in Transformer Defect Models", 2002 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, Vol.1, pp.405-410, 2002

[8] K. Raja and T. Floribert, "Source Characterization of Discharges in Transformers using UHF PD Signatures", 2002 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, Vol.2, pp.1383-1388, 2002

[9] G. P. Cleary and M. D. Judd, "An Investigation of Discharges in Oil Insulation using UHF PD Detection", 14th Int'l Conf. on Dielectric Liquids(ICDL 2002), pp.341-344, 2002

#### 저 자 소 개



#### 김 정 태 (金正泰)

1960년 1월 1일생. 1982년 한양대 공대 전기공학과 졸업(학사). 1987년 한양대 공대 전기공학과 졸업(석사). 1992년 한양대 공대 전기공학과 졸업(공학박). 현재 대전대 공대 전기정보시스템공학과 부교수.

Tel : (031)539-1914 Fax : (031)539-1910  
E-mail : tkim@daejin.ac.kr