

# 인가 스트레스에 따른 HFPD의 통계적 패턴해석

## Statistic Pattern Analysis of HFPD According to Applied Stress

\*김덕근\*, \*이은석\*, \*정영일\*, \*\*임장섭, †김태성

\*Kim Duck-Keun, \*Lee Eun-Suk, \*Jung Young-Il, \*\*Lim Jang-Seub, †Kim Tae-Sung

\* 한국전기안전공사 전기안전시험연구원

\*\* 목포해양대학교 전자통신공학부

† 전남대학교 전기공학과

### Abstract

The partial discharge testing is widely used in insulation property measurement because it gives low stress to high voltage equipment which is undertaken tests. Therefore it is very useful method compare to previous destructive methods and effective diagnosis method in power transformer that requires live-line diagnosis. But partial discharges have very complex characteristics of discharge pattern so it is required continuous research to development of precise analysis method.

In recent, the study of partial discharge is carrying out discover of initial defect of power equipment through condition diagnosis and system development of degradation diagnosis using HFPD(High Frequency Partial Discharge) detection.

In this study, simulated transformer is manufactured and HFPD occurred from transformer is measured with broad band antenna in real time, the degradation grade of transformer is analyzed through produced patterns in simulated transformer according to applied voltages.

### 1. 서 론

전력 시스템의 절연열화는 전력계통의 대용량화, 초고압화에 따른 기기의 예방진단 연구분야로 고신뢰성의 전력공급 측면에서 필요성이 증가하고 있다. 외국에서는 인력과 기술적 문제점에 착안하여 전력변압기를 비롯한 전력설비의 열화진단 시스템의 개발에 많은 연구를 집중하고 있다. 그러나 이런 사고들을 정확하게 예측하고 예방할 수 있는 방법이 현재까지 개발되어 있지 않은 상태이다.

고전계에서 전달 수 있는 전기적, 기계적 강도가 뛰어나고 온도 특성이 우수한 절연재료의 구조 및 물성 분석, 절연체 내부의 결함이나 보이드에 의한 코로나 방전등에 대한 기계적·열적 열화에 따른 정확한 절연열화현상의 해석을 통하여 절연설계 기술을 확보할 수 있어야만 송·배전 계통의 신뢰도 확

보 및 전력설비의 안전한 운영관리 시스템을 구축할 수 있다.

변압기에서 부분방전의 발생원인으로는 절연재료 자체의 불량 및 결함의 존재, 도체의 모서리 부분의 전계집중, 기포의 존재 가능성, 금속체 입자 또는 불순물의 혼입등이며, 이러한 원인들로 인해 변압기내에서는 어느 정도의 부분방전이 발생할 가능성은 항상 존재하고 있다. 변압기 내부에서 부분방전이 발생하면 방전의 크기가 작음에도 불구하고 여러 가지 화학작용을 수반하며 고에너지의 전자, 이온 및 가스등을 발생하여 절연물의 열화를 야기할 뿐만 아니라 사고의 원인 되고 있다.

전력변압기의 절연성 측정에 널리 채용되고 있는 부분방전 시험은 측정시 전력용 시스템이 받는 스트레스가 적으므로 기존의 파괴시험과 같이 기기에 손상을 주지 않고 실

협할 수 있으므로 실험방법이 대단히 유용하고 또 활성상태에서의 진단이 요구되는 전력 변압기에 적용하기 위한 효과적인 진단기술이다. 그러나 부분방전은 그 신호가 대단히 복잡한 성장패턴을 이루고 있어서 여러 가지의 정교한 분석방법에 관한 지속적인 연구가 요구되고 있다.

최근의 부분방전에 관한 연구는 절연열화 상태진단으로 구분되는 전력기기의 초기 결함을 발견하려는 연구와, HFPD를 이용한 활성상태에서 열화진단을 수행하는 시스템 구축이 주류를 이루고 있다.

본 연구에서는 모의 변압기를 제작하여 열화현상으로 발생하는 HFPD를 광대역 안테나를 이용해 실시간으로 계측하고, 인가 스트레스에 따라 발생하는 PD신호의 패턴을 분석하여 모의 변압기 열화정도를 분석하였다.

## 2. 실험방법

금번 학술회의 “모의변압기의 VHF/UHF PD 스펙트럼분석” 실험방법 참조.

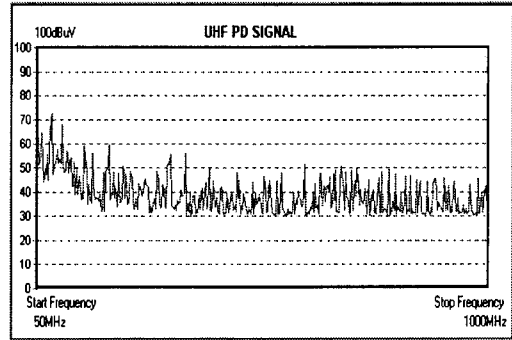
## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 인가전압에 따른 HFPD 특성

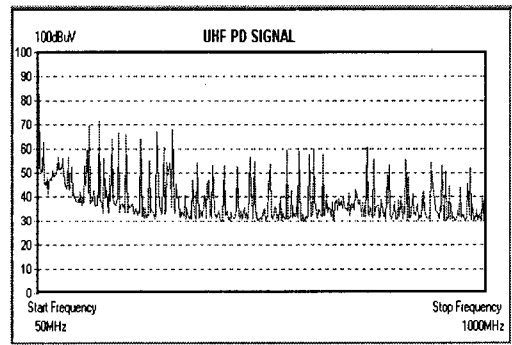
본 연구에서 주파수 영역은 50[MHz]에서 1 [GHz]로 하였다. 50[MHz]이하의 영역에서 HFPD 신호는 외부 노이즈와 구별이 어려웠고, 1[GHz] 이상의 주파수는 본 연구에서 사용한 안테나와 Pre-Amp의 주파수 영역이 1[GHz]까지 이므로 그 이상의 주파수에서 나타나는 신호에 대한 신뢰도가 감소하기 때문에 50[MHz]에서부터 1[GHz]사이의 주파수에 대하여 고찰하였다.

그림 3.1은 인가전압 27[kV]에서 약 100분에 내부의 XLPE관이 절연과파에 도달한 모의변압기에서 발생한 HFPD 신호를 나타낸 것이다.

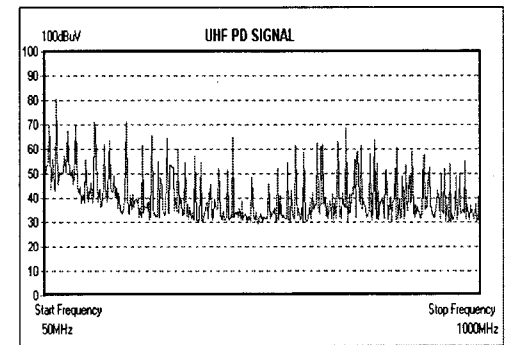
50-150[MHz]사이의 주파수 영역은 우리 나라 라디오 주파수 영역이고, 이 영역에서 나타나는 신호의 피크치는 HFPD 신호보다 비교적 큰 값을 보여준다.



(a)



(b)

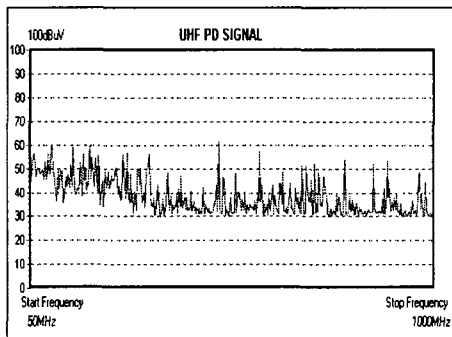


(c)

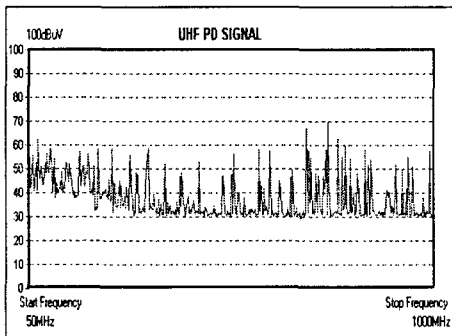
Fig. 3.1 The characteristic of VHF/UHF PD according to aging time. (a) 1[*min*], (b) 45[*min*], (c) 98[*min*] at 27[kV].

그림 (a)는 전압을 인가하고 1분 후의 HFPD의 특성곡선이다. 전 영역에 걸쳐 비교적 낮은 값의 피크치 신호들이 관측되고 있으며,

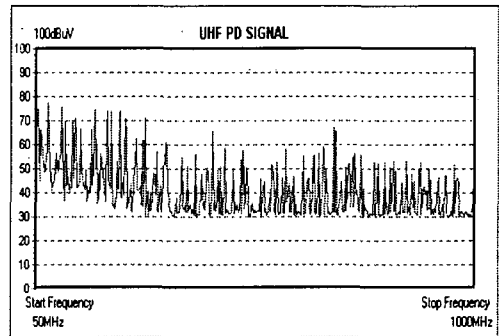
VHF영역과 UHF영역에서 거의 비슷한 피크치 특성을 나타낸다. 그림 (b)는 전압인가 후 45분의 주파수에 대한 HFPD 신호 특성곡선이다. 열화가 진행됨에 따라 200-600[MHz]의 높은 VHF영역과 낮은 UHF영역에서 PD신호의 큰 피크치가 검출되고 있으며, 그림 (a)와 같은 초기 단계보다는 큰 피크값의 신호들이 나타난다. 그림 (c)는 전압인가 후 절연과파에 거의 도달했을 때 HFPD 신호의 그래프 특성이며, UHF 영역에서 많은 HFPD 신호 피크치가 검출되며 피크치 값의 크기도 증가하는 특성을 나타낸다. 이런 특성은 1[GHz]이상의 주파수 영역에서도 비슷하게 나타난다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 3.2 The characteristic of VHF/UHF PD according to aging time. (a) 1[*min*], (b) 9[*min*], (c) 15[*min*] at 30[kV]

그림 3.2는 인가전압을 30[kV]로 증가시켰을 때 HFPD의 특성을 나타낸 그래프이다. 27[kV]를 인가했을 때와 거의 유사한 특성을 나타내지만, 인가전압 상승으로 발생하는 HFPD 신호의 빈도수도 증가했으며, 발생한 신호의 피크치 값도 상대적으로 증가하였다.

열화가 진행되면 발생하는 HFPD 신호의 빈도수와 피크치가 모두 증가하는 특성을 나타내는데 이런 결과는 1[GHz]이상의 영역에서도 거의 비슷한 특성을 관측할 수 있었다.

인가전압이 상승하면 열화진행 속도가 빨라지는데, 이것은 27[kV]를 인가한 후 45분에서의 그래프와 30[kV]를 인가한 후 9분 HFPD 그래프가 거의 유사한 패턴특성을 나타내는 것으로서 확인할 수 있다. 열화 초기 단계에서는 비교적 낮은 주파수 영역에서 HFPD 신호값들이 강하게 나타나지만 열화가 진행됨에 따라 전영역에서 HFPD가 나타난다. 즉 절연과파에 도달하게 되면 1[GHz]이상의 모든 주파수 영역에서도 PD신호들이 나타나게 된다.

그러나 고주파 영역으로 갈수록 외부 노이즈에 대한 영향은 작아지지만 감쇄현상이 상대적으로 증가하므로 HFPD 신호에 대한 감도가 저하하게 된다.

#### 4. 결 론

모의 변압기를 제작하여 고전계를 인가할 때 발생하는 HFPD 신호 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론은 얻었다.

열화 초기 단계에는 주로 저주파 영역에서 HFPD신호가 나타나지만 열화가 진행될수록 저주파에서부터 고주파 영역에 걸친 전영역에서 HFPD가 관측된다. 열화가 상당히 진행된 후에는 1[GHz]이상의 고주파 영역에서도 거의 비슷한 패턴의 HFPD신호가 관측된다.

인가전압이 낮은 경우 열화 초기에는 작은 값의 HFPD 신호가 저주파 영역에서 발생하지만, 열화가 진행될수록 HFPD 신호의 크기가 증가하며, 신호의 발생 빈도수가 많아지고, 비주기적 신호이지만 신호의 주기도 짧아진다. 인가전압이 매우 높은 경우에는 열화초기 단계에서부터 큰 값의 HFPD 신호가 관측되며 절연과피에 이르기까지 거의 비슷한 값들의 신호가 검출된다. 이런 특성은 1[GHz]이상의 주파수 영역에서도 비슷한 특성을 나타낸다.

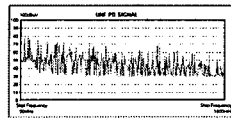
#### 5. 참고문헌

1. T. R. Blackburn, B. T. Phung, Z. Liu and R. E. James, "On-Line Partial Discharge Measurement on Instrument Transformer", 98'EIM, D2-2, pp. 497-500, 1998.
2. R. Kurrer, K. Feser, "The Application of Ultra-High-Frequency Partial Discharge..."

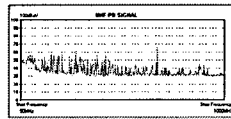
#### <참고자료>

: 통계적 소팅(Sorting)을 통한 HFPD의 패턴

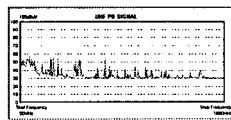
\*\*30[kv]-1[min] : max~5th



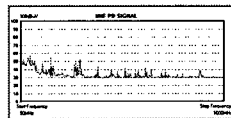
30-1-max



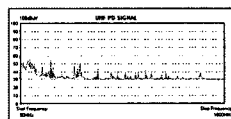
30-1-2nd



30-1-3th

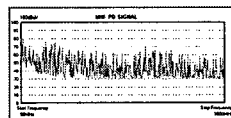


30-1-4th

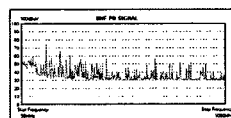


30-1-5th

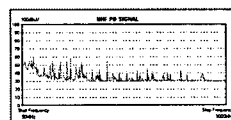
\*\*30[kv]-5[min] : max~5th



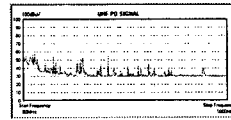
30-5-max



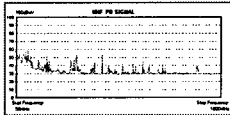
30-5-2nd



30-5-3th

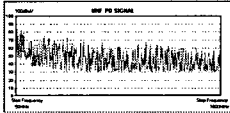


30-5-4th

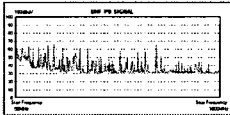


30-5-5th

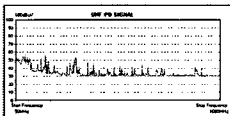
\*\*30[kv]-9[min] : max~5th



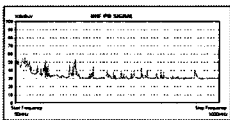
30-9-max



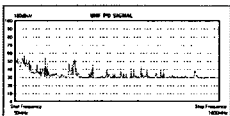
30-9-2nd



30-9-3th



30-9-4th



30-9-5th