

XLPE 고체절연체내의 부분방전 진전에 따른 방사전자파의 특성

이현철* · 윤대희* · 장호성* · 박창기^ · 주재현▽ · 김이국^ · 이광식* · 이동인*
 영남대학교 전기공학과 ◆, 경일대학교 ■, 한전(주) ▲, 거제대학▽

Characteristics of Radiated Electromagnetic Wave With Partial Discharge Progress in the XLPE Solid Dielectric

H.C. Lee* · D.H. Yoon* · H.S. Jang* · CH.K. PARK^ · J.H. JU▽ · I.K. KIM^ · K.S. Lee* · D.I. Lee*
 Yeungnam Univ ◆, KEPCO ■, kyung il Univ ▲, Kojje College▽

Abstract - 본 논문에서는 XLPE 고체 절연체내의 부분방전(partial discharge:PD)발생 및 진전에 따른 방사되는 UHF 대역의 방사전자파를 측정, 분석하고 PD진전에 따른 그 스펙트럼의 특성을 연구 하였다. PD를 모의하기 위해 칩을 XLPE 절연체내에 삽입하고 그 사이에 보이드층을 만들었다. 고체절연체의 열화를 고려하여 일정시간 동안 일정 전압을 유지하고 이때 발생하는 방사전자파를 EMI, EMC 안테나(EMCO-314 2)와 Spectrum analyzer로 측정, 분석하였다.

선단곡률반경은 20(μ m)이다. 삽입한 칩전극 선단과 평판과의 사이는 5[mm]이며 void를 만들기 위해 칩전극을 2[mm] 빼내었다. gap은 마이크로메타를 사용하여 조정 하였다.

1. 서 론

최근 인간의 삶의 질의 향상과 정보통신의 발달로 인해 전기 에너지의 수요가 급격히 증가함에 따라 전기 에너지의 원활한 공급을 위해 전력계통은 고전압·대용량화가 이루어 지고 있다. 전력계통이 확대됨에 따라 절연파괴에 의한 사고시 그 파급효과는 매우 크다. 전력기기 및 전력케이블에 많이 사용되는 XLPE 고체 절연재료는 절연내력이 우수하고 성형이 용이하지만 성형시 보이드나 크랙 같은 결함이 발생하며 케이블을 지중에 매설시에도 지하수, 외력에 의해 결점이 발생한다. 전력기기 및 전력케이블의 사고중 대부분이 절연열화에 의한 사고이며 그 중 보이드에 의한 사고가 가장 많다. 결함에 의해서 자체의 절연내력이 상대적으로 약해져 전계집중으로 인한 PD발생으로 부분적인 열화가 진행되고 결국 전로파괴에 이르게 된다. 이러한 사고를 미연에 방지하기 위해 PD 측정법을 이용하고 있다.

본 연구에서는 PD측정법 중에서 비접촉식이며 타 검출법 보다 감도가 좋고 검출 범위가 넓은 UHF법을 이용하여 고체 절연체내에 보이드 존재시 PD진전에 의해 발생하는 높은 주파수 성분을 가지는 필스성 코로나 신호의 방사전자파의 특성을 연구 하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 시료

이 실험에서는 전력용 케이블의 주된 절연재료인 XLPE(cross-linked polyethylene)로 154[kV]급 전력용 케이블의 외피를 제거하고 내부의 절연물을 잘라서 사용하였으며 시료의 크기는 20×10×30[mm]이다

2.2 장치 및 방법

XLPE 고체절연체에서 불평등전계를 모의하기 위해 칩-유전체-평판(로고스키형)을 구성하였으며 이때 발생하는 UHF대역의 방사전자파를 측정, 분석 하였다.

XLPE 고체절연체 내에 스테인레스강인 칩전극을 삽입하였다. 삽입한 칩전극의 선단 각도는 약 30도이며

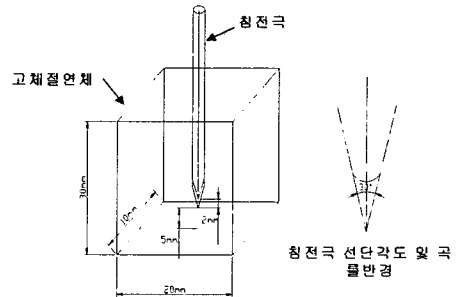


그림 1 XLPE 고체절연체 시료 및 칩전극 모양

이렇게 만든 시료는 연면방전을 방지하기 위해 절연유 내부에 넣어서 실험을 하였다. 절연유는 비중이 0.91이고 절연파괴 전압이 2.5[mm]당 30[kV]이상인 1종 2호의 천연광유를 사용했다.

전압인가는 상용주파수 교류전압을 약 1.0[kV/s]의 속도로 최초 방전계시 전압부터 3[kV] 증가시켜 실험 하였으며 시료 내부의 보이드에서 부분방전에 의한 열화를 고려하기위해 전압을 일정시간 동안 유지 하였다.

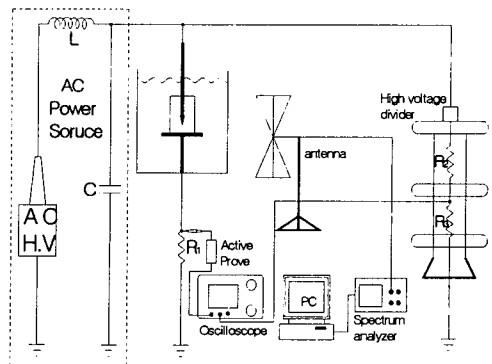


그림2 실험장치 개략도

전압원은 교류 고전압(일본, matsunaga.co. ltd, 입력

: AC 200[V] 50/60[Hz], 출력 :60[kV])를 사용 하였고, High Voltage divider (Pulse Electronic Engineering, EP-300K, 10000:1), EMI, EMC 안테나(EMCO-3142, 30(MHz)-2(GHz) 안테나의 주파수 이득을 포함하여 측정할수 있는 Spectrum analyzer (ADVABTEST R3131A)를 사용하였다

3. 실험결과 및 고찰

고체내부에서 발생되는 방사전자파 신호의 특성을 알아보기 위해 유중에서의 부분방전시 발생하는 방사전자파 신호와 비교하였고 측정된 신호를 20회 받아 평균하였다. 그림 2는 background noise의 주파수 스펙트럼이다. 방송 주파수 대역과 각종 통신용 주파수 대역에서 신호가 잘 나타나고 있다.

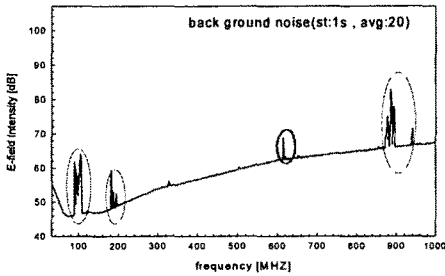


그림 3. 배경잡음

3.1 유중내 침-평판

그림4-1,2,3은 유중에서 각각의 인가전압별 주파수 스펙트럼이다

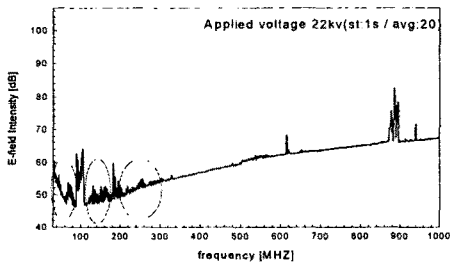


그림 4-2. 22[kV] 전압인가시

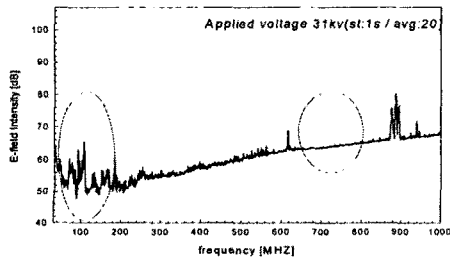


그림 4-3. 31[kV] 전압인가

방전시작 단계인 13[kV]에서는 60-80(MHz),120~180(MHz) 대역에서 부분방전 발생 신호가 나타나기 시작하였다. 침선단에서 코로나가 멎이기 시작하는 22[kV]인가시 60~80(MHz),125-180(MHz) 대역에서 전계강도가 약 5(dB μ v/m)정도 증가 하였으며 200~300(MHz) 대역에서 신호가 나타나기 시작한다. 침선단의 코로나로 인해 절연유의 유동이 발생하고 전압을 상승 시킬수록 코로나의진전 길이가 증가 하였다

절연과피 직전전압인 31[kV]에서는 30~ 300(MHz) 대역에서 신호의 크기가 백그라운드 신호에 비해 30~80(MHz)에서는 약 10~15(dB μ v/m)이상, 125~250(MHz)대역에서 5(dB μ v/m)이상, 75, 130, 150, 170(MHz)대역에서는 전계강도가 약 10(dB μ v/m) 이상 증가하였다.

3.2 침-보이드-절연체-평판

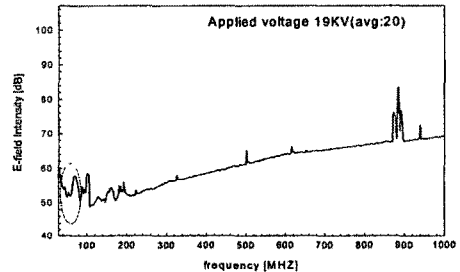


그림 5-1. 19[kV] 전압인가

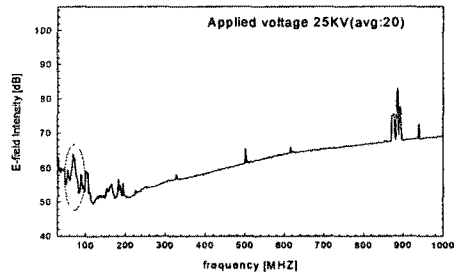


그림 5-2. 25[kV] 전압인가

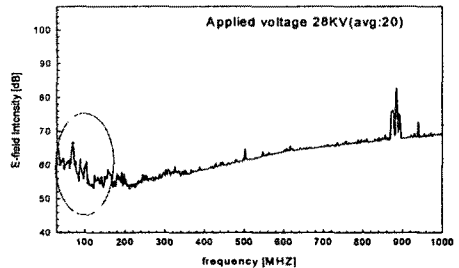


그림 5-3. 28[kV] 전압인가

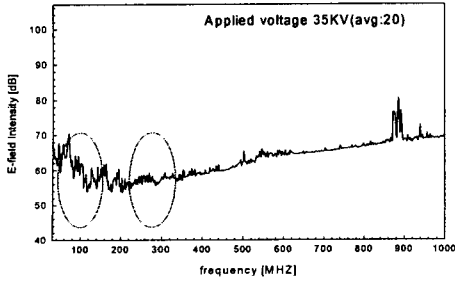


그림 5-4. 35[kV] 전압인가

그림 5-1,2,3,4는 고체절연체내에 보이드가 존재할때의 각 인가전압별 주파수 스펙트럼을 나타낸 것이다.

19[kV]에서 침선단에 코로나가 맺히기 시작하고 30~80[MHz]대역에서 신호가 나타나며, 인가전압 25[kV]까지는 침전극 선단에서 미세한 아크방전이 발생하기 시작하나 간헐적이어서 주파수 스펙트럼의 변화는 30~80[MHz]대역에서 전계강도가 조금 더 증가하며, 인가전압 28[kV]에서는 침선단과 절연체 사이의 아크의 발생빈도가 많아져 30~200[MHz]대역에서의 신호가 크게 증가한다.

35[KV]에서는 미세 아크가 연속적으로 발생하고 이때의 주파수 스펙트럼을 보면 30~180(MHz)대역에서 10~15[(dB μv/m)이상, 220~340(MHz)은 5(dB μv/m)이상 전계강도가 증가 하였다.

4.결론

본 연구는 고체절연물에 보이드 존재시 방사전자파의 특성을 알아 보기 위한 실험으로 XLPE시료에 침전극을 삽입하여 전압을 인가하고 시료내부 보이드에서 발생하는 방전에 의해 공간으로 방사하는 전자파를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

4.1 유증방전시 방사전자파 특성

- (1) 방전시작 단계일때는 60~80[MHz], 20~180[MHz] 대역에서 부분 방전신호가 나타나기 시작하였다
- (2) 침선단에 코로나가 맺히는 방전 중기 단계의 경우에는 60~80[MHz], 125~180[MHz] 대역의 전계강도가 약 5(dB μv/m)정도 증가하고, 200~300[MHz] 대역에서 신호가 나타나기 시작하였다.
- (3) 방전 말기단계(31[kV])에서는 30~80[MHz]에서 약 10~15(dB μv/m)이상, 125~250[MHz]에서 5(dB μv/m)이상, 75, 130, 150, 170[MHz]에서 전계강도가 약 10(dB μv/m)이상 증가하였다

4.1 고체내 방전시 방사전자파 특성

- (1) 침선단에 코로나가 맺혀 미세한 아크 방전일 경우 주파수 스펙트럼의 변화가 30~80MHz] 대역에서 방전신호가 나타나기 시작했다.
- (2) 침전극과 고체절연체내부에서 미세 아크방전시 주파수 스펙트럼은 30~80[MHz]대역과 100~180[MHz]에서의 전계강도가 5(dB μv

/m)이상 증가 하였다.

- (3) 미세 아크가 연속적으로 발생하는 35[kV]경우 30~180[MHz] 대역에서 10~15[(dB μv/m)이상, 220~340[MHz]는 3~5(dB μv/m)이상 전계강도가 증가하였다.

4.3 고체와 유증방전의 비교

고체와 유증방전시 주파수 스펙트럼을 비교해보면 30~400[MHz] 대역에 주파수 분포는 유사하지만 고체보이드 방전의 경우에는 500[MHz] 이상 대역에서의 신호는 거의 없었다. 이것은 절연유의 유전을 보다 고체의 유전율이 높아 높은 주파수 대역으로 갈수록 감쇠가 심해지기 때문인 것으로 사료된다.

이상의 결과를 통해 향후 고체 절연물(XLPE) 진단에 유용한 자료가 되리라 판단된다.

[참고 문헌]

- [1]전춘생, "放電·高電壓 工學", 동명사, 1995
- [2]Kenji Sasaki et al., "Partial Discharge Transmission Characteristics and Measurement Technology for Long-distance Gas Insulated Transmission Line in Tunnel", T.IEE Japan, Vol.117-B, No.8, pp.1181-1188, 1997
- [3]Toshihiro, H. Masayuki, H. Hitoshi, O., "半波長ダイポーに基づいた部分放電による放射電磁波の考察", T.IEE Japan, Vol.117-B, No.3, pp1152~1156, 1997
- [6] H.Okubo, et., "Electromagnetic Spectrum Radiated from Gas Discharge and its Relation to Partial-Discharge Characteristics" ETEP Vol.7, No1, 1997
- [5]Hikita, M, Yamashita, H, Hoshino, T, Kato, T, Hayakawa, N, Ueda, T, Okubo, H, "Electromagnetic noise spectrum caused by partial discharge in air at high voltage substations", Power Delivery, IEEE Transactions on, Vol.13, Issue.2, pp 434~439, April 1998
- [7]Tatsuki, O, Takeyushi, K, Yasunobu, Y, Yasuo, S, "正弦波電壓條件下の部分放電パルス発生ゆらぎの解析", T.IEE Japan, Vol.120-A, No.5, pp620~630, 2000