

# 고체절연체 표면의 오염상태에 따른 방전현상과 방사전자파의 주파수 특성

(The Frequency Characteristics of Elelctromagnetic Waves and Discharge Phenomena Caused by Polluted Condition of Solide Insulator Surface)

김충년\* · 박원주\*\* · 이광식\*\* · 이동인\*\* · 김인식\*\*\*  
(C. N. Kim · W. Z. Park · K. S. Lee · D. I. Lee · I. S. Kim)

## 요 약

본 논문은 구대구전극 사이에 고체절연체와 화염을 배치하여 방전시 절연체표면에서 발생하는 연면방전광과 화염의 변화를 CCD(Charged Coupled Device) 카메라로 관측하였으며, 방전시 발생하는 방사전자파는 스펙트럼 분석기와 바이코니칼 안테나를 이용하여 측정하였다. 인가전압 증가에 따른 고체절연체 표면에서 발생하는 연면 방전광은 커졌으며, 화염의 크기는 작아지는 것을 확인하였다. 또한 절연체표면 오염시와 화염시에는 전압강하에 의한 전압왜곡현상이 나타났다. 방사전자파의 전계세기는 절연체표면 무오염시에는 오염시보다 10~17[dBuV/m], 절연체표면 오염시와 화염시에는 5~9[dBuV/m] 정도 높게 나타났다.

## Abstract

In this paper, the discharge phenomena and electromagnetic waves caused by discharge with insertion of a solid insulator and flame between sphere-sphere electrodes in air were investigated. The surface discharge light and patterns of flame generated on a solid insulator surface were observed by using a CCD(Charged Coupled Device) camera. Also, the radiated electromagnetic waves were measured by using a biconical antenna and a spectrum analyzer. The surface discharge light generated on the solid insulator surface was larger and the size of flame was smaller by increasing applied voltages. Also, voltage distortion by voltage drop was strongly revealed when a insulator surface was polluted. When a solid insulator surface was not polluted, the electric field strength of electromagnetic waves was 10~17[dBuV/m] higher than a polluted solide insulator, and 5~9[dBuV/m] higher than a polluted solide insulator and flame.

## 1. 서 론

전력설비의 증가에 따라 그 안정공급에 관한 관심

이 고조되고 있다. 안정한 전력공급을 위해 기체, 고체, 액체 등 다양한 절연성 재료를 사용하고 있으며, 이러한 절연재료를 복합절연함으로써 전력설비 및

\* 정회원 : 영남대학교대학원 전기공학과 박사과정  
\*\* 정회원 : 영남대학교 전자정보공학부 교수, 공박

\*\*\* 정회원 : 경일대학교 전기공학과 교수, 공박  
접수일자 : 2001년 5월 23일

고전압기의 소형화와 신뢰성을 향상시키고 있다. 그러나 전력설비 및 고전압기는 운용중 발생하는 진동, 열, 절연물의 경년열화 등에 의해 접속부 또는 도체표면상의 미소돌기, 금속표면의 산화, 절연체 표면에 먼지 및 기타 파티클(particles) 등의 흡착으로 인해, 이 부분에 국부적인 고전계가 형성되어 부분방전이 발생함에 따라 절연내력이 현저히 저하되어 최종적으로 절연파괴를 일으켜 치명적인 사고를 발생시킬 수 있다[1~4]. 특히 전력설비 내·외의 도체부나 절연체 접속부 등에 앞에서 언급한 이물질이 존재하는 경우 방폭현상, 인화물질 취급소, 고전압발생 장소에서 불꽃방전으로 인한 인화, 폭발 등 화재발생의 위험성을 내포하고 있다. 지금까지 이러한 결함을 탐지하는 진단기술로는 절연열화시 발생하는 광, 음파, 기계적·전기적 진동, 전자파, 전위변동, 부분방전(partial discharge : PD) 측정법 등이 병용되어 사용되고 있으며, 최근에는 검출감도가 좋고, 검출범위가 넓은 비접촉센서를 이용한 절연진단법(방사전자파법)이 활발히 연구되고 있다[5~10].

이에 전력설비뿐만아니라 반도체와 같은 정밀 전자부품에 이물질 흡착으로 인해 야기될 수 있는 절연파괴를 모의하고자 평등전계형 구대구전극을 이용하여 방전을 모의하였다. 평등전계하에서 발생하는 전자계는 정전기방전(ESD : electrostatic discharge [11])의 한 부분으로, 위에서 언급한 이물질에서 발생할 경우 화재의 위험성과 멀리 떨어진 장소의 전기·전자장비에 전자적장해를 일으킬 수 있는 원인이 되고 있다. 이와같은 현상을 모의하기 위하여 본 연구에서는 구대구전극 사이에 절연체(절연체 표면이 깨끗한 정상상태와 절연체 표면을 화염 그을림에 그을린 상태)를 직렬배치하여 이때 각각 발생하는 방전 패턴과 이때 방사되는 방사전자파의 주파수 스펙트

럼분포의 변화를 연구하였다. 또한 화염에 그을린 시료에서는 절연파괴에 이르러 시료 자체에 화염이 발생하였기에 전극부 사이에 화염을 배치하여 비교 실험하였다. 이와 더불어 인가전압의 변화에 따라 절연체 표면에서 발생하는 연면방전광과 화염의 변화현상을 CCD 카메라로 관측·연구하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 방전펄스와 연면방전광 측정

본 연구에 이용한 실험장비 및 배치도를 그림 1에 나타냈다. 실험에 사용한 전원부는 교류고전압 발생장치(MATSUNAGA MFG. Co. Ltd.)를 사용하였다. 이 장치의 1차측 입력전압은 220[V], 50/60[Hz], 2차측 출력전압은 60[kV]을 발생시킬 수 있는 장치이다. 전압인가는 일정한 비율로 서서히 증가시켰다.

부분방전펄스 측정은 고전압 프로브(5000:1)와 접지 전극과 대지사이의 무유도저항(50[Ω]) 양단에 걸리는 전압을 오실로스코프(LeCroy 9350AL, 500[MHz])를 사용하여 인가전압 한 주기의 정·부영역에서 방전펄스를 측정하였다. 인가전압값은 교류파고값(Vp)으로 나타냈다.

인가전압의 변화에 따른 고체 절연체 표면에 발생하는 연면방전광과 화염의 변화모양을 관측하기 위하여 CCD camera(PULNIX TM-1001)를 사용하였으며, 관측된 영상은 인터페이스카드(MV-1500)를 통하여 컴퓨터에 저장하였다[12].

### 2.2 전극구성 및 시료제작

연구에 사용한 전극은 평등전계를 대표하는 구대구전극(구전극 직경 50[mm])을 이용하였다. 전극간 갭은 15[mm]로 두고 실온의 대기중에서 측정하였다. 전극부 구성은 ① 구-에폭시 표면 무오염 절연체-구전극(표면이 깨끗한 시료 : 절연체 표면 무오염 전극시스템이라 칭함), ② 구-에폭시 표면 오염 절연체-구전극(표면전체에 그을림을 묻힘 : 절연체 표면 오염 전극시스템이라 칭함) 및 ③ 전극부 중앙에 화염을 배치한 구전극-화염-구전극(화염배치 전극시스템이라 칭함)의 3가지 형태로 구성하였다. 시료로 사용한 에폭시 절연체는 전기·전자분야의 절연재료로 많이 이용되는 고온경화용 주형수지로서 비스페놀-A형(bisphenol-A type, Ciba-Geigy Co.)이며, 경화제

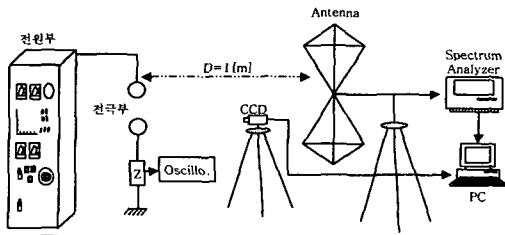


그림 1. 실험장치도  
Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

(산무수물 계통의 MeTHPA : methyl tetra hydro phthalic anhydride)를 사용하여 높이 15[mm], 직경 30[mm]인 원통형으로 내부에 기포가 없도록 제작하였다. 고체절연체 표면에 도포한 그으름의 재료는 화염에서 발생하는 매연을 사용하였다. 고체표면에서의 그으름의 본포는 순수 고체절연체가 보이지 않도록 절연체 전체에 대하여 고루 분포시켰다.

화염은 파라핀(normal paraffins(petroleum) 100%)을 연료로 사용하는 일반 램프를 사용하였다. 이 램프에서 나오는 불꽃은 외부작용에 의해 흔들리지 않도록 전극주위에 칸막이를 설치하였다. 전압이 인가되지 않은 상태에서 불꽃의 크기는 육안으로 폭 1[cm], 높이 8[cm]정도 였으며, 일정한 형상을 가지고 있다. 전극부에 화염이 존재하는 겨우 전극부의 형상을 그림 2에 나타냈다.

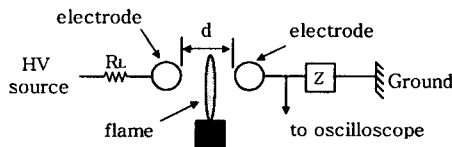


그림 2. 화염시 전극부 구성  
Fig. 2. Configuration of electrode at flame

### 2.3 방사전자파 측정방법

방전에 의해 방사되는 방사전자파의 스펙트럼분포를 관측하기 위해 비접촉센서로서 바이코니칼 안테나(EMCO 3110, 주파수 범위 : 30~300[MHz])와 안테나에 포착된 신호를 주파수 영역에서 관측할 수 있는 스펙트럼 분석기(Advantest, 주파수 범위 : 10[kHz]~3.5[GHz])를 사용하였다. 스펙트럼분석기 측정 모드설정은 resolution bandwidth와 video bandwidth를 각각 1[MHz], input attenuator는 10[dB], sweep time은 0.5[sec]로 두고 maxhold로 측정하였다. 전극부와 안테나는 각각 수평으로 배치하여 거리 1[m]에서 측정하였다. 본 연구에서 선택한 측정 주파수대역은 30~230[MHz]로 이 주파수대역은 스펙트럼 분석기에 설정할 수 있는 바이코니칼 안테나의 주파수 범위내에 해당되며, 또한 국내 전자파장해규정에 정하고 있는 일부 주파수대역(30~300[MHz])을 적용하였다[13].

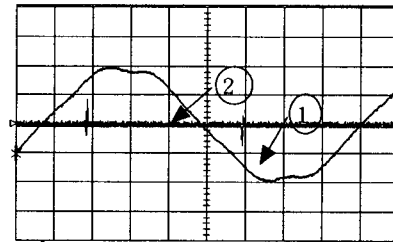
## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 인가전압에 의한 방전특성

구대구전극 사이에 절연체가 없는 일반 대기중에서는 부분방전(코로나영역) 진전과정을 거치지 않고 인가전압 약 40.0[kV]에서 절연파괴가 발생되었다. 이 절연파괴 값은 전극부 사이에 절연체와 화염을 배치하였을 경우 절연파괴값과 비교하기 위하여 제시하였다.

#### 3.1.1 고체절연체 표면 무오염시의 방전현상

구대구전극부 사이에 절연체 표면 무오염 시료를 배치한 경우, 연면방전이 발생하기 시작하는 인가전압 18.3[kV]일 때의 방전펄스파형을 그림 3에 나타냈다.



① 2 [ms/div], 30 [mA/div] ② 2 [ms/div], 10 [kV/div]

그림 3. 절연체 무오염시 방전펄스(인가전압18.3 [kV])

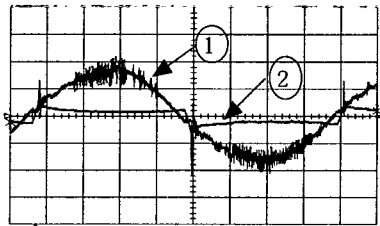
Fig. 3. Discharge pulse with unpolluted solid insulator surface (applied voltage 18.3 [kV])

인가전압 정·부영역에서 정펄스와 부펄스를 동시에 관측되었다. 이것은 전형적인 연면방전의 방전펄스 형태를 보이고 있으며, 인가전압의 증가에 따라 정·부 주기 동안 방전펄스는 높은 위상각 영역으로 확대되어 가는 경향을 나타내고 있다. 인가전압 약 24.7[kV]에서 절연파괴가 발생하였으며, 고체절연체가 없는 대기중 구대구전극에 비하여 절연파괴 전압이 약 1/1.6배 정도 낮은 전압에서 발생하였다. 절연체 표면 무오염 시료를 배치한 경우, 연면방전시 발생하는 광은 절연체와 접한 전원측 구전극의 중앙부에서 미소하게 발생되어 절연파괴 전압에 이르러 예폭시 전면을 통하여 백색광을 발하며 대향전극으로

아주 빠르게 진전하며 절연과괴되었다.

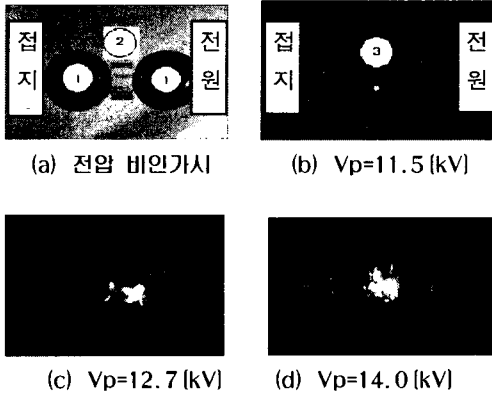
### 3.1.2 고체절연체 표면 오염시의 방전현상

구대구전극시스템에 화염에 그을린 절연체 표면 오염 시료를 배치하여 전압인가와 더불어 측정된 방전펄스는 그림 4(인가전압 14.0[kV]일때)에 나타났다. 이때 발생하는 연면방전 발광을 CCD 카메라로 촬영한 것을 사진 1에 나타냈다.



① 2 (ms/div), 80 (mA/div) ② 2 (ms/div), 10 (kV/div)

그림 4. 절연체 오염시 방전펄스(인가전압 14.0 [kV])  
Fig. 4. Discharge pulse with polluted solid insulator surface (applied voltage 14.0 [kV])



① 구대구전극, ② 고체절연체, ③ 연면방전광

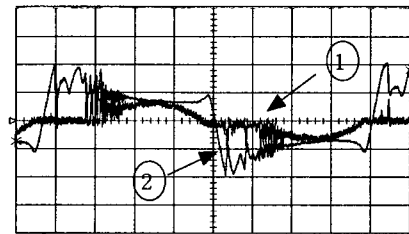
사진 1. 연면방전 발광  
Photo. 1. Surface discharge lights

사진 1 (a)는 전극시스템에 절연체가 배치된 형상을 나타내고 있으며, 인가전압 상승과 함께 사진 1 (b)와 같이 약 11.5[kV]일 때 전원측의 구전극 중앙

과 접해진 부분에서 약하지만 육안으로 관측 가능한 광이 관측되었다. 이와 더불어 서서히 전압을 상승시키면 사진 1 (c)와 같이 전원측 구전극 중앙부에서 발생된 발광이 서서히 신장하여 인가전압 12.7[kV]에 이르러 광이 대향전극을 향하여 신장하는 현상이 관측되었다. 전압 14.0[kV]일 때 사진 1(d)와 같이 방전광은 연면방전로를 통하여 서서히 신장하여 절연과괴로 이어졌다. 이때 절연과괴전압은 대기중에 비해 약 1/2.8배, 절연체 표면 무오염 전극을 사용하였을 때보다 약 1/1.7배 정도 낮은 전압에서 발생하는 것을 알 수 있다. 절연과괴 직전인 사진 (d)에서는 그림 4와 같은 전압왜곡현상을 보이며 전극간 교락현상을 보이고 있다. 이것은 절연체 표면에서의 누설전류의 증대와 방전시 발생하는 발열 등에 의한 과도적 변화에 크게 지배되는 것으로 생각된다. 연면방전 경로는 에폭시 표면이 가장 약한 부분을 통하여 방전이 시작되어 점차 대향전극으로 진전하며 방전광이 이동하고 있다. 또한 절연과괴 과정에서 고체절연체 표면에서 화염이 발생되어 절연체가 타는 것도 관측되었다.

### 3.1.3 화염에 의한 방전현상

화염을 전극부 중앙에 배치하여 인가전압의 상승과 함께 측정된 방전펄스파형을 그림 5에 나타냈다. 화염을 전극부에 배치한 경우, 화염에 의한 방전펄스는 인가전압의 정·부 위상에 모두 발생되며 인가전압의 상승과 함께 위상이 확대되는 전압왜곡현상을 나타내고 있다. 또한 전압에 인가에 따른 화염의 형상 변화를 사진 2에 나타냈다.



① 2 (ms/div), 36 (mA/div) ② 2 (ms/div), 2.5 (kV/div)

그림 5. 화염시 방전펄스(인가전압 4.2 [kV])  
Fig. 5. Discharge pulse with flame (applied voltage 4.2 [kV])

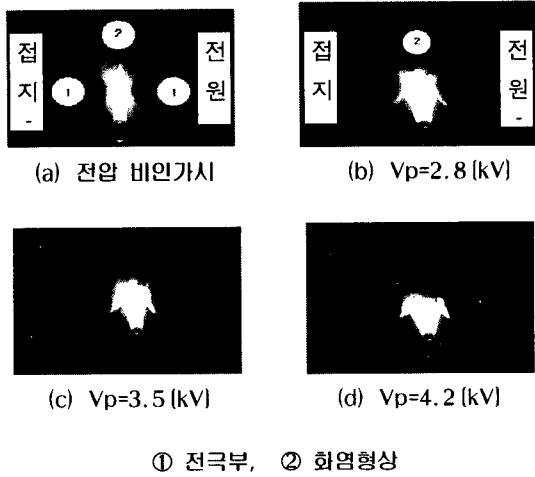


사진 2. 화염의 모양  
Photo. 2. Shapes of flame

사진 2 (a)는 전압 인가전 정상상태에서의 화염의 모양을 나타낸 것이다. 인가전압이 약 2.8[kV](사진 b)에서 간헐적인 아크가 발생되기 시작하였으며, 인가전압 3.5[kV](사진 c)에서는 연속적인 아크방전으로 이행되어 완전히 교락된 상태가 되었다. 전압 상승과 함께 불꽃 높이는 낮아지고, 접지측 전극으로 기울어지는 현상을 보이고 있다. 인가전압 약 4.2[kV]에서 절연파괴되었으며, 이때 절연파괴전압은 대기중에 비해 약 1/9.5배, 절연체 표면 무오염시에 비해 약 1/5.9배, 절연체 표면 오염시에 비해 약 1/3.3배 정도 낮은 전압에서 절연파괴가 발생하였다. 화염의 형상이 인가전압의 상승과 함께 차츰 작아지며 대향전극쪽으로 기울러지는 현상은, 전원측과 접지측 전극에서 발생하는 공간전하의 흐름과 고전계

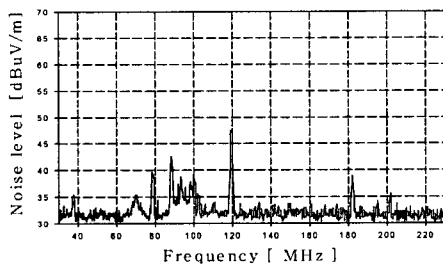


그림 6. 주변환경잡음  
Fig. 6. Background noise (BGN)

에 의한 영향이라 생각된다.

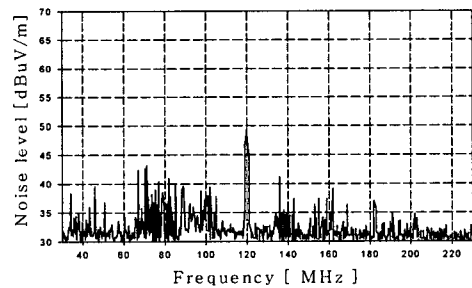
### 3.2 방사전자파의 주파수특성

본 연구에 앞서 실험실내에서 측정된 주변환경잡음을 그림 6에 나타냈다.

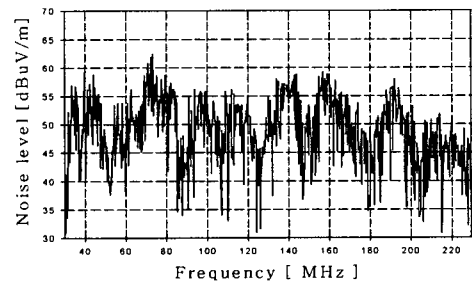
본 실험실 환경에서의 주변환경잡음은 주파수 38, 70[MHz]에서 약 36[dBuV/m], 78~100[MHz]에서 약 36.4~42.6[dBuV/m], 주파수 119[MHz]에서 약 47.4 [dBuV/m], 182[MHz]에서 약 39[dBuV/m] 정도의 전계레벨을 갖는 주변의 방송파·무선파 및 실험실내 전기·전자장비에서 방사되는 불요전자파가 관측되고 있다. 이 주변환경잡음을 기준으로 방전시 발생하는 방사전자파의 주파수 스펙트럼의 전계레벨 변화를 관측하였다.

#### 3.2.1 고체절연체 표면 무오염시

그림 7은 절연체 표면 무오염 전극시스템을 사용하여 인가전압 18.3[kV]와 24.0[kV]일 때 측정된 방사전자파의 스펙트럼 분포를 나타낸 것이다.



(a)  $V_p=18.3$  [kV]



(b)  $V_p=24.0$  [kV]

그림 7. 절연체표면 무오염시 방사전자파  
Fig. 7. Electromagnetic waves with unpolluted solid insulator surface

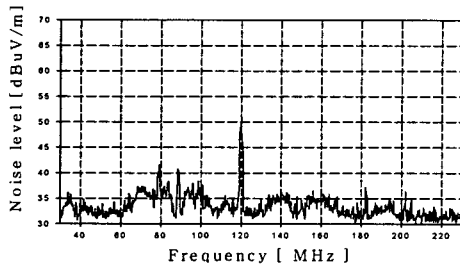
## 고체절연체표면의 오염상태에 따른 방전현상과 방사전자파의 주파수 특성

그림 (a)는 인가전압 18.3[kV]에서 전원측 구전극과 절연체가 접한 부분에서 발광이 관측될 때 측정된 방사전자파의 주파수 스펙트럼이다. 이때 방사전자파의 전계레벨은 전주파수 대역에서 주변환경잡음에 비해 주파수대역 35, 70, 140, 160[MHz] 영역에서 약 5~15[dBuV/m]정도 높은 방사전자파가 관측되었다. 인가전압 24.0[kV]일 때의 방사전자파의 스펙트럼 분포는 측정주파수 대역에 걸쳐 약 52~63[dBuV/m]의 높은 레벨의 분포를 나타내고 있다. 이때 방사전자파의 전계레벨은 주변환경잡음에 비해 약 15~52[dBuV/m] 정도 높은 전계강도를 나타내고 있다.

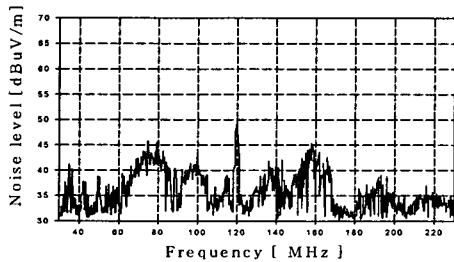
인가전압의 증가와 함께 전압 18.3[kV]일 때의 피크레벨을 나타낸 주파수 대역 35, 70, 140, 160[MHz]를 포함한 측정 주파수 대역 전체에 걸쳐 고루 분포하며 고주파대역으로 이동하는 것을 알 수 있다. 고체절연체가 존재하는 경우 방전진전에 따른 방전펄스의 변화도 있지만, 방전시 발생하는 방사전자파 스펙트럼의 주파수 특성도 큰 차이를 보이고 있다.

### 3.2.2 고체절연체 표면 오염시

그림 8은 절연체 표면 오염 시료를 사용하여 인가전압 11.5[kV]와 14.0[kV]에서 측정된 방사전자파를 나타낸 것이다.



(a)  $V_p=11.5$  [kV]



(b)  $V_p=14.0$  [kV]

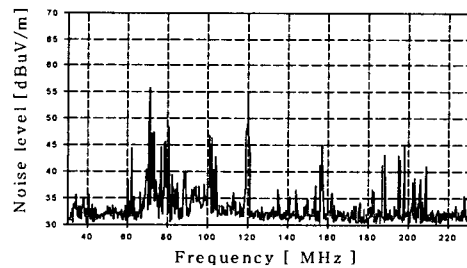
그림 8. 절연체 표면 오염시 방사전자파  
Fig. 8. Electromagnetic waves with polluted solid insulator surface

인가전압에 따른 방사전자파의 전계레벨은 인가전압 11.5 [kV]인 경우, 주변환경잡음에 비해 주파수대역 35, 70, 140, 160[MHz] 영역에서 3~4[dBuV/m] 정도 높게 나타나고 있다. 또한 인가전압 14 [kV]로 상승된 경우, 전계레벨의 세기는 약 35~45[dBuV/m]로 그림 (a)에 비해 약 4~10[dBuV/m]정도 높게 나타나고 있지만 방사전자파의 스펙트럼 분포는 거의 동일한 주파수대에서 발생되고 있다.

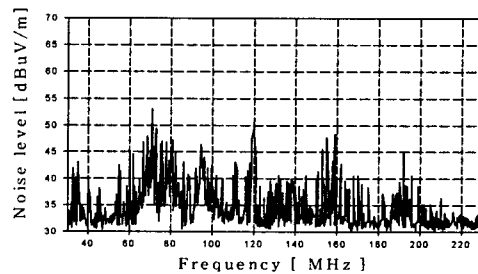
그림 8의 스펙트럼 분포는 그림 7의 스펙트럼 분포와 같은 아크성 피크를 보이고 있지 않고 있다. 이것은 전압상승과 함께 절연체 표면 무오염시에는 절연체 표면을 경유하여 진전하는 연면방전현상이 완만하게 진행되고 있기 때문에 주파수 스펙트럼 분포도 완만한 현상을 나타내고 있는 것으로 생각된다.

### 3.2.3 화염이 존재하는 경우

구대구전극 중앙에 화염을 배치하였을 때 인가전압 2.8[kV], 4.2[kV]에서 측정된 방사전자파의 스펙트럼 분포를 그림 9에 나타냈다.



(a)  $V_p=2.8$  [kV]

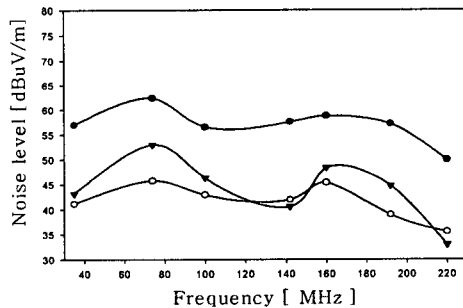


(b)  $V_p=4.2$  [kV]

그림 9. 화염시 방사전자파  
Fig. 9. Electromagnetic waves with flame

그림 9 (a)의 인가전압 2.8[kV]인 경우, 주변환경 잡음에 비해 아크성 레벨 분포를 보이고 있다. 이것은 전극부 사이에서 존재하는 화염자체가 도전로가 되기 때문에 간헐적 교락상태의 아크현상에 의한 영향으로 생각된다. 이때의 전계레벨은 주변환경잡음에 비해 주파수 35, 70, 100, 160, 200[MHz] 영역에서 약 5~11[dBuV/m]정도 높은 분포를 보이고 있다. 그림 9 (b)는 절연파괴가 발생할 수 있는 전압영역인 인가전압 4.2 [kV]에서 측정한 주파수 스펙트럼 분포로 전계강도 약 39~53[dBuV/m]의 세기를 가지는 아크성 분포 현상을 보이고 있다.

그림 10은 고체절연체 표면 무오염시와 오염시 및 화염을 배치하였을 때, 절연파괴값 영역에서 발생하는 방사전자파의 주파수 스펙트럼 분포의 경향을 나타냈다.



- : 절연체표면 무오염시 스펙트럼 (Vp=24.0 [kV])
- : 절연체표면 오염시 스펙트럼 (Vp=14.0 [kV])
- ▼- : 화염시 스펙트럼 (Vp=4.2 [kV])

그림 10. 주파수 스펙트럼 패턴  
Fig. 10. Frequency spectrum patterns

고체절연체 표면의 오염 유무와 화염의 존재시 방사전자파의 주파수 분포 특성을 살펴보면 절연체 표면 오염시가 가장 낮게 나타났으며, 화염, 절연체 표면 무오염순으로 전계강도가 높게 나타났다. 주파수 스펙트럼상에서 주파수 대역 약 70[MHz]와 160 [MHz] 대역에서 전계강도가 높게 나타났지만, 고주파 영역으로 갈수록 전계강도는 낮아지는 경향을 보이고 있다.

이때 방사전자파의 전계레벨은 절연체 표면 오염시와 화염을 전극부에 배치하였을 때는 70[MHz]와

160[MHz] 대역에서 약 5~9[dB]정도 높게 발생되고 있으며, 절연체 표면 무오염시에는 절연체표면 오염시와 화염시에 비하여 10~17[dB]로 높은 전계레벨을 보이고 있다.

#### 4. 결론

평등전계형인 구대구전극을 사용하여 절연체 표면에 이물질이 흡착되어 이 부분에 고전압이 걸려 발생될 수 있는 절연파괴를 모의하였다. 동일 간극에서 시료 차이에 의한 방전개시전압과 절연파괴전압은 큰 차이를 보이고 있었다. 이때 발생하는 방전펄스와 연면방전광 그리고 전극부에서 발생하는 방사전자파를 측정된 결과 다음과 같은 결론은 얻었다.

(1) 인가전압의 증가에 따른 방전펄스는 고체절연체 표면 무오염시료에서는 인가전압의 정·부 영역에서 정부펄스가 동시에 관측되었지만, 고체절연체 표면 오염시료와 화염에서는 전압강하에 의한 왜곡 현상이 나타났다.

(2) 연면방전광을 CCD로 관측한 결과 절연체 표면 무오염시에는 절연파괴직전에 백색광을 내며 절연파괴되었으며, 절연체 표면 오염 시료에서는 전원측 구전극 중앙과 접해진 시료에서 발광이 관측되기 시작하여 인가전압의 상승과 함께 대향전극으로 연면방전광이 진전하는 것을 볼 수 있었다. 또한 화염이 존재하는 경우에는 공간전하에 의한 고전계에 의해 화염의 크기가 작아지는 것을 볼 수 있었다.

(3) 전극부 사이에 배치한 시료에 따른 절연파괴 전압은 공기중 파괴전압 40.0[kV]를 기준으로 볼 때, 절연체 표면 무오염 전극에서는 약 1/1.6배, 절연체 표면 오염 전극에서는 약 1/2.8배, 화염이 존재하는 경우에는 약 1/9.5배 정도 낮은 전압에서 절연파괴가 발생되었다.

(4) 절연체 표면 오염 유무와 화염시 측정된 방사전자파는 절연체 표면 무오염시에는 최대 52~63 [dBuV/m], 절연체 표면 오염시에는 35~45 [dBuV/m], 화염이 존재하는 경우에는 39~53 [dBuV/m]정도의 전계강도를 보이고 있다.

(5) 전극부 사이에 배치한 시료에 따른 방사전자파의 주파수 패턴을 보면 주파수 대역 70[MHz]와 160[MHz]에서 최대 전계레벨을 보이고 있으며, 전계레벨의 차이는 절연체표면 오염시와 화염시에는 5~

9[dBuV/m], 절연체 표면 오염여부에 따라 10~17[dBuV/m]정도 높게 나타나고 있다.

상기와 같이 본 연구에서는 실제 전력설비나 장비 등에 흡착되는 오염물질로 인한 여러 가지 위험성을 고려하기 위하여 에폭시 절연체의 표면을 그으름으로 오염시켜 절연체에서 발생하는 방전펄스, 발광 현상 및 방사전자파의 스펙트럼 분포를 연구하였다. 그리고 발생하는 방전펄스와 방사전자파의 주파수 대역에서의 스펙트럼 분포 차이를 볼 수 있었다. 실제로 GIS와 같은 전력설비는 내부에 오염물질이 존재하지 않도록 제작되지만 그의 설비의 경우에는 오염물질의 흡착이나 부분적 화재로 인해 상기와 같은 현상이 발생될 수 있으므로 기존의 진단기술과 병용하여 적용한다면 더 정확한 정보를 알 수 있을 것이라 생각된다.

### 참 고 문 헌

- [1] F. H. Kreuger etc, "Classification of Partial discharges", IEEE Trans. Di., Vol. 28, No.6, pp.917-931, 1993. 12.
- [2] 高橋 茂 etc, "GIS의 監視·診斷技術", pp.1-9, HV-89-1(BM-89-1). Proceedings of KIEE, Vol. 45, No. 4, pp.25-29, Apr. 1996
- [3] Masanori Hara etc, "Influence of surface shape on DC surface breakdown characteristics under metallic-particle contaminated conditions in SF6 gas", T.IEE Japan, Vol. 110-B, No. 7, pp.568-575, 1990.
- [4] Kiyoshi Inami etc, "Mechanism of partial discharge inception in surface flashovers initiated from triple junction in SF6", T. IEE Japan, Vol 117-B, No.6, pp. 830-837, 1997.
- [5] 이동일 외 2 "전력설비의 전기환경장해와 대책기술 개발" 대한전기협회 전기저널 8, No.272, pp.14-19, 1999.
- [6] 정찬수, "전기설비의 진단기술", Proceeding of KIEE, Vol.48, No.5, pp.44-51, 1999. 5.
- [7] 김정태 "최근 전력기기의 부분방전 진단 현황", Proceeding of KIEE, Vol.49, No.2, pp.24-30, 2000. 2.
- [8] 大久保仁, "電力機器の診斷技術の現状と今後の課題", T.IEE Japan, Vol.119-B, No.4, pp.434-437, '99.
- [9] Takashi Kimura etc, "Diagnostic methods for GIS insulating systems using external antenna", T.IEE Japan, Vol.115-B, No.10, pp.1199-1207, '95.
- [10] Osamu Fujiwara etc, "Level estimation of transient electromagnetic fields caused by spark discharge between charged metal spheres", T.IEE Japan, Vol.118-C, No.1, pp. 9-14, 1998.
- [11] 박정규 etc, "정전기방전시 발생하는 전자파펄스의 스펙트럼 분석", 전자파기술 학술대회 논문집, pp91-96, 2000, 7, 21.
- [12] 김충년 etc, "대기중 화염에 의한 침대평판전극에서의 절연파괴특성", 대한전기학회 춘계학술대회논문집, P-26, pp.127-129, 2000. 4.
- [13] 한국공업표준협회, "전기·전자기기의 전자파 장해 - KS C 0262", 1992.

### ◇ 저자소개 ◇

#### 김 충 년 (金忠年)

1966년 6월 16일생. 1992년 영남대학교 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995~1998년 (주)대우중공업 우주항공연구소 주임연구원. 2000~현재 (주)인터커넥션 개발부 선임연구원, 영남대 대학원 전기공학과 박사과정.

#### 박 원 주 (朴元柱)

1954년 3월 14일생. 1978년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1992년 일본 큐우슈대학교 대학원 졸업(공학박사). 현재 영남대 공대 전자정보공학부 교수. 당학회 대구·경북지회 연구조사이사, 대한전기학회, 일본전기학회, 일본응용물리학회, 일본 플라즈마핵융합학회 정회원.

#### 이 광 식 (李廣植)

1948년 10월 20일생. 1971년 영남대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 졸업(공학박사). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙교수. 현재 한국조명·전기설비학회 부회장. 영남대 공대 전자정보공학부 교수, 산업대학원 원장.

#### 이 동 인 (李東仁)

1936년 10월 19일생. 1959년 서울대 전기공학과 졸업. 1973~1977년 영국 Strathclyde대 대학원 졸업(공학박사). 1982~1983년 미국 South California대 방문교수. 현재 영남대 전자정보공학부 교수.

#### 김 인 식 (金寅湜)

1953년 10월 3일생. 1974년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1990~1991년 미국 University of southern california 초빙교수. 현재 경일대학교 전기공학과 교수.