

# 인공적 침상보이드의 겹길이 변화에 따른 음향방출 특성

논문  
8-4-14

## Characteristics of Acoustic Emission according to Variation Gap Length on Artificial Needle Shape Void

박재준\*, 김상남\*\*  
(Jae-Jun Park, Sang-Nam Kim)

### Abstract

As lengthen gap length of artificial needle shape void (0.24 → 1.5[mm]), the amplitude of AE(Acoustic Emission) pulses was enlarged and number of pulses be generated was few. The longer gap length of void, the shorter breakdown time. As a result of this, I found that existence of void in insulation material was fatal to deterioration of insulation. According to phase angle of applied voltage, time being void was scattered largely in region of phase angle of pulses origination and was distributed extensively to region above peak in phase angle of applied voltage. The result will be used to analysis of void diagnosis.

**Key Words(중요용어)** : Acoustic Emission(음향방출), Skewness(왜도), Artificial needle shape void(인공적 침상보이드), Phase angle of applied voltage(인가전압 위상각), Deterioration of insulation(절연열화).

### 1. 서론

고전압하에 사용되는 가교폴리에틸렌(이하, XL-PE이라고 부른다)절연 케이블이나 전기기기 등 고체 절연조직의 내부에 미소한 결함 즉, 미세기포(microvoid), 갈라진 금(crack), 이 물질 및 돌기 등이 존재하면 고전계영역에서 이들이 부분파괴의 원인이 되기때문에, 절연수명에 가장 유해한 전기적 트리가 발생하게 되며, 이로 인하여 부분방전을 일으켜서 절연 수명을 현저히 짧게 한다. 이런 문제에 대해서 지금까지 많은 연구가 있었고<sup>(1)</sup>, 여러 가지 대책이 강구되었지만, 이들의 대책 역시 아직 완전하다고는 말할 수 없다. 절연조직 내에서 부분방전이 발생되지 않는 것이 바람직하나, 발생되면 치명적인 사고에 이른다.

이런 절연파괴 사고를 미연에 방지하기 위해서

는 확실한 트리잉 열화진단 측정법(measuring method of treeing deterioration diagnosis)을 개발하여 연구할 필요가 있다. 때문에 각종 비파괴 실험으로써<sup>(1),(2),(3)</sup>, 부분방전시 방출되는 음향방출 펄스 및 전기적 그리고 광방출 신호 등을 측정하고, 부분방전 특성 제량의 새로운 정보로서 인가전압 위상각의 정보를 도입하여, 단독 및 복합시스템으로 산업에 직,간접으로 이용되고 있다. 따라서 절연조직 내부의 부분방전 기구(mechanism)를 알아내는 일은 절연재료의 성능 평가 또는 절연 진단을 하는데 유용한 정보로 할 수 있기 때문에 매우 중요하다.

본 연구에서는 상용주파 인가전압 60[Hz]의 위상각에 의한 음향방출 평균펄스 진폭과 평균펄스수에 대한 3차원의 분포 양상을 이용하여 트리 개시 및 진전에 따른 트리열화를 감시할 목적으로 독자적으로 음향방출 측정시스템을 개발하여 연구에 착수하였다. 연구를 좀더 정량화 하기위해서, 에칭법(etching method)에 의한 침전극을 이용하여 실용 66[kV] 급 가교폴리에틸렌을 이용, 실험실에서 인공적 침상보이드 시편을 제작하였다.

\* : 광운대학교 전기공학과

\*\* : 인천 시립전문대학 교수

접수일자 : 1995년 2월 20일

심사완료 : 1995년 4월 6일

인가전압 15[kV]로 과전하여 트리개시 및 진전 양상에 따라 트리 채널내 부분방전 발생시 음향을 계측하였고, 펄스의 분포 양상을 부분방전 메커니즘에 근거하여<sup>(4) ~ (6)</sup> 열화 과정에 따라 해석하였다. 또한 위상각을 도입하여 해석 하기 위해서는 자체 전용 프로그램화한 3차원 그래프로 나타내어 okamoto<sup>(7)(2)</sup> 씨 등이 제안한 왜도(Skewness)로 나타내었다.

## 2.시편제작 및 실험방법

### 2-1,시편 및 전극구성

본 실험에 사용된 시편은 66[kV]급 케이블 절연 재료로 사용되는 가교폴리에틸렌을 이용하여 일정한 크기로 절단한 다음 시료로 이용하였으며, 침전극은 직경 0.56[mmφ]인 일본제 바늘(stainless steel)을 에칭법에 의해 침전단 곡률반경 4.5 ~ 6 [μm]로 조정하여 시료에 주입하여 시편으로 사용하였다.

삽입시 시료의 변형을 없애기 위하여, 110[°C]에서 10분간 가열한 후 서냉하여 트리 전극시편으로 사용하였다. 그리고 인공적 침상보이드의 형성은, 전극을 주입한 후 다시 빼어서 보이드의 갭 길이를 2종류, 즉 0.24[mm], 1.5[mm]로 제작하였고, 이때 1기압 하의 공기중에서 붓입 하였다. 시료표면과 침전극 사이를 에폭시 수지계의 접착제로 밀봉하였으며, 실험순서에 따라 실물현미경 (배율180배)로 관찰하여 보이드의 이상유무를 확인한 후 실험에 사용하였다.

전극의 형태는 침대평판 전극이고 극간거리는 2[mm]로 하였다. 시료의 전극구성은 그림 2-1에서 나타내고 있다.

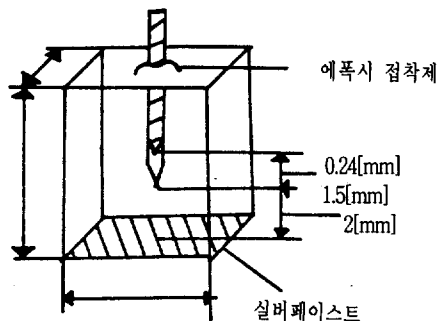


그림 2-1. 전극구성

Fig. 2-1. Electrode Composition

### 2-2.실험장치 및 방법

#### 2-2-1.음향방출 측정 및 실험장치

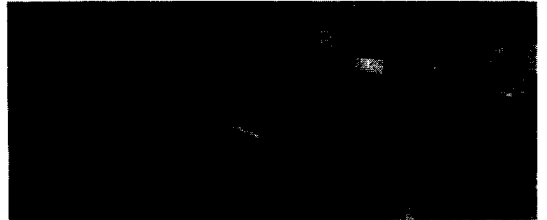


그림2-2.. 실험장치 블록선도

Fig 2-2.. Block diagram of experimental set up

실험장치에 대한 블록선도는 그림 2-2 에 나타내었다. 인가전압은 교류60[Hz]이고, 고전압 회로는 음향방출 검출회로의 잡음을 일으킬 수 있는 코로나 방전을 억제하기 위해 실리콘오일(silicon oil)에 함침하였다. 음향센서는 공진 주파수 300[kHz]를 갖는 PZT 변환기가 사용되었고, 평판 전극 바로 아래 거리 2cm에 설치하였다. 음향의 원신호 자체는 너무 미약해서 신호는 이득이 80[dB]인 차동증폭기로 80[KHz] 고역필터(high pass filter)를 사용하였다.

설계시 최대한의 노이즈를 제거하였고, 문턱준위(threshold level)는 증폭된 신호를 0.03[V]로 하여 확실한 음향신호를 얻을 수 있었다. 센서에서 포착된 신호는 증폭된 후, 디지털오실로스코프(HP 54501A)의 채널1에 입력된다. 그리고 AE펄스의 위상각 특성을 보기 위해서는 인가전압을 고전압 프루브(HP34300A)로 전압강하(Voltage drop)시켜 채널2에 입력된다. 오실로스코프에서 디지털화된 신호는 데이터 통계처리를 위해 인터페이스 카드(GP-IB Card)로 통해 컴퓨터에 입력되어 하드메모리에 저장된다.

#### 2-2-2. 실험방법

전압인가 방식은 상승속도 1[kV/s]로 15[kV]까지 인가한 후 과피시까지 일정전압 하에서 인가했으며, 2종류의 인공적인 침상보이드 갭 길이를 갖는 시편에 동일전압으로 인가 하였다. 측정시 매 5분마다 임으로 데이터를 받아서 컴퓨터의 하드 메모리부로 저장한다. 저장된 데이터는 실험조건에 맞

게 자체 프로그램화하여 3차원 그래프로 프린트되어 진다. 트리진전과 관련된 음향방출 파형은 그림 2-3에 나타나 있다.

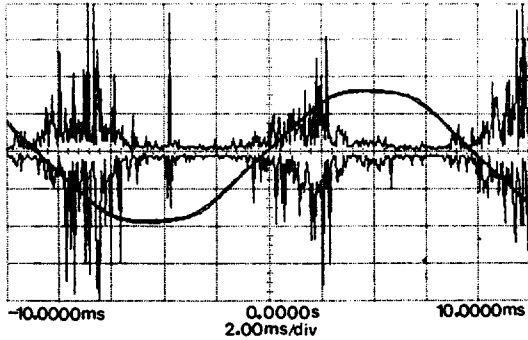


그림 2-3. 음향방출 파형

Fig. 2-3. Acoustic emission waveforms.

### 3. 실험결과 및 검토고찰

#### 3-1. 인공적 침상보이드 갭길이에 따른 트리진전 양상.

인공적 보이드가 존재할 때 보이드 갭길이 0.24 [mm], 1.5[mm]의 2종류 시료에 인가전압 15[kV]를 인가 할 때 보이드 방전에서 트리진전하는 양상을 나타내고 있다.

사진 3-1(a)-(b)는 보이드 갭길이가 짧은 0.24 [mm]경우의 트리진전 양상을 보여주고 있고, 각각의 사진은 과전초기 3분, 파괴시 187분의 보이드 방전의 트리진전을 나타내고 있다.

트리형상은 전 보고<sup>(8)(9)</sup>에서처럼 무 보이드시의 경우와 같이 수초형의 트리진전을 볼 수 있었다. 사진 3-1(c)-(d)는 갭길이가 긴 보이드 트리의 양상을 나타내고 있다.

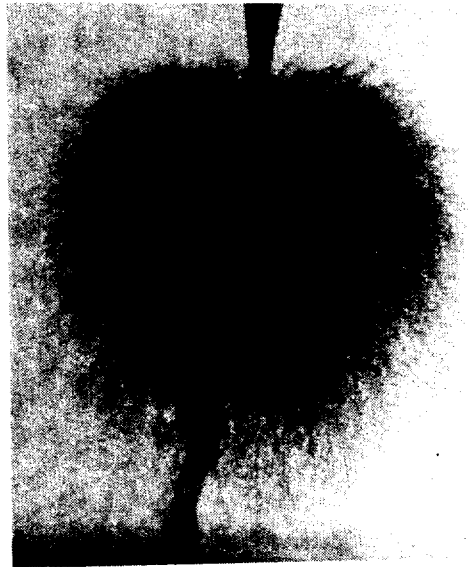
사진 (c)는 과전초기 3분, (d)는 중기 20분에서의 트리진전양상이며, 트리가 무수히 많은 가지형 트리의 진전을 나타내고 있다. 특징적인 것은 보이드 갭길이가 길수록 상대적으로 파괴에 이르는 시간이 빨랐으며(63분), 트리의 진전양상도 갭길이에 따라 트리의 발생 및 진전이 인가전압에 의존하지 않고, 보이드 갭길이에 따라 다르게 발생함을 알 수 있었다.

#### 3-2. 인공적 침상보이드 갭길이 변화에 따른 음향방출 특성.

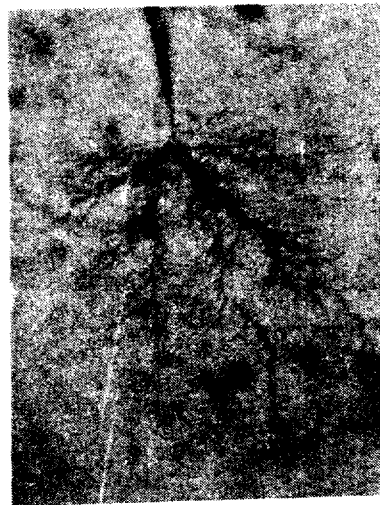
그림 3-1 ~ 3-2는 갭길이가 0.24[mm]인 시편에서 트리진전에 따른 갭길이를 갖는 AE 펄스 수 및 진폭의 시간변화 특성을 나타내고 있다. 과전초



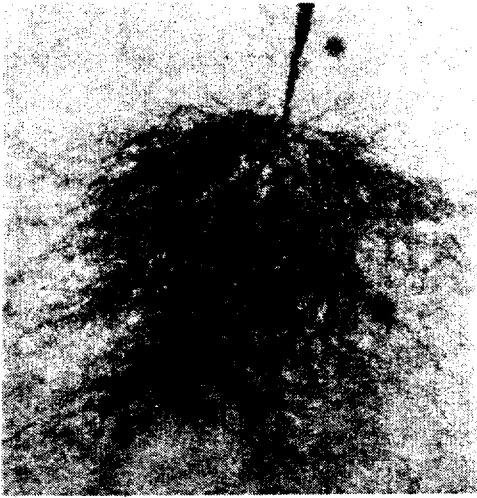
3-1.(a)보이드(0.24[mm]) 수초형트리 초기 3분



3-1(b)보이드(0.24[mm]) 수초형트리 파괴 후



3-1(c) 보이드(1.5[mm]) 가지형트리 초기 3분



3-1(d)보이드(1.5[mm]) 가지형트리 20분

사진 3-1. (a)-(d).15[KV] 인가시 보이드방전의 트리진전 양상

Photo. 3-1. (a)-(d).Tree propagation -type of void discharge under applied AC voltage 15[KV]

기 발생하는 펄스 진폭은 1[ $\mu$ V]로 극히 미약 하였고, 그 후 급상승하였으며, 펄스진폭과 함께 펄스 수도 상승하고 있다. 그리고 열화가 진행됨에 따라 80분 이후 펄스진폭과 함께 펄스 수도 저하 하였다. 진폭의 경우 트리가 더욱 진전하여 파괴 직전까지 날카로운 펄스의 증가와 감소를 계속 하지만, 펄스 수는 파괴시까지 완만하게 증가 하면서 파괴에 이르렀다.

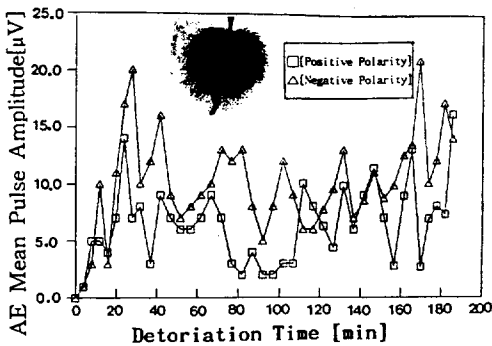


그림 3-1. 보이드방전에 있어서 AE 펄스진폭의 시간변화 (0.24[mm])

Fig. 3-1. Time variation of AE pulse amplitude on the void discharge (0.24[mm])

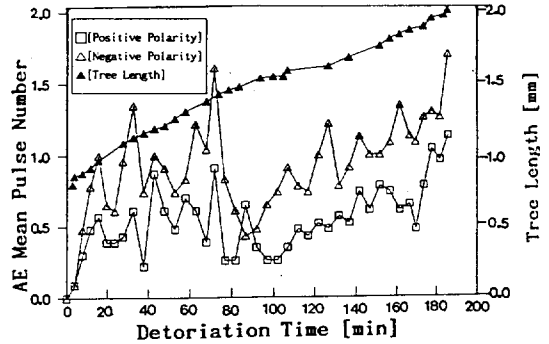


그림 3-2. 보이드방전에 있어서 AE 펄스 수의 시간변화 (0.24[mm])

Fig. 3-2. Time variation of AE pulse number on the void discharge (0.24[mm]).

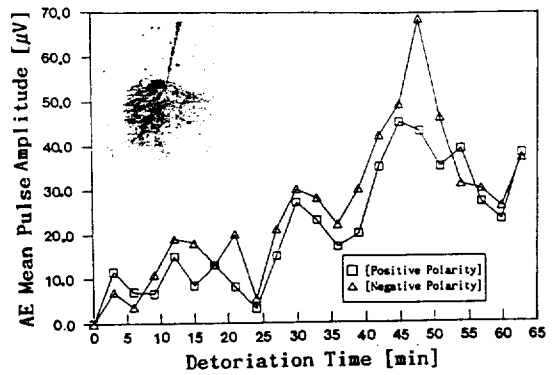


그림 3-3. 보이드방전에 있어서 AE 펄스진폭의 시간변화 (1.5[mm])

Fig 3-3. Time variation of AE pulse amplitude on the void discharge (1.5[mm])

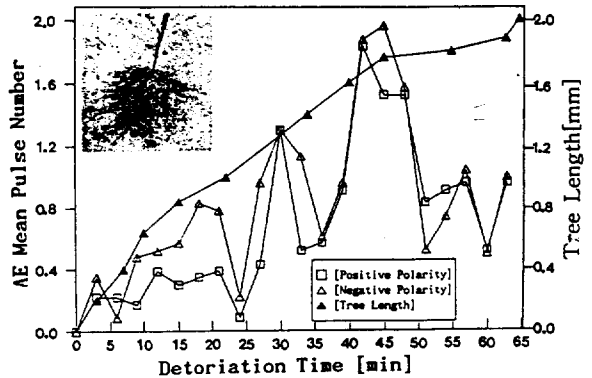


그림 3-4. 보이드방전에 있어서 AE펄스 수의 시간 변화(1.5[mm])

Fig. 3-4. Time variation of AE pulse number on the void discharge (1.5[mm])

그림 3-3 ~ 3-4는 갭길이가 1.5[mm]인 시편에서 트리진전에 따른 AE 펄스진폭 및 펄스 수의 시간 특성을 나타내고 있다. 과전초기 3분동안 진폭의 경우 정, 부극성시 12[ $\mu$ V], 8[ $\mu$ V]이었고, 열화가 진행함에 따라 50분정도까지는 펄스진폭 및 펄스 수가 거의 유사한 경향을 가지면서 급상승하고, 그 후 파괴에 이를 때 까지 크게 감소하면서 파괴에 이르렀다.

인공적 침상보이드의 갭길이가 길 때 방전이 격렬함을 알 수 있었고, 갭길이가 짧을 때 과전 초기 펄스의 발생이 급상승하지만, 갭길이가 길 때 점진적인 증가를 보이며, 파괴말기에서는 갭길이가 길 수록 급강하하는 경향을 나타 내고 있다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 인공적 침상보이드 방전메카니즘은 다음과 같다.

교류 고전압 15[kV] 인가시 침 대 평판전극간에 부분방전이 일어나고, 고전계하에서 급속 침전극으로부터 부극성 시 전자의 주입과<sup>1)</sup> 인공적 침상보이드내 존재하는 공기가 방전개시로 인해 전자나, 정.부이온, 여기분자 등 방전생성물( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , 가교제 분해잔사 등)<sup>10,13)</sup>이 존재하게 된다.

인가된 전계가 보이드 선단에서의 전계집중과 함께 보이드내의 산소의 존재와 방전에 의한 원자상 산소와 함께 오존( $\text{O}_3$ )이 생성되어, 오존화물에 의한 산화반응과 가교제분해 잔사인 아세트 페놀이 공간전하로 작용하여 보이드 방전에서 트리로전이하게 된다<sup>10)</sup>.

보이드 갭길이가 짧을 때 과전 직후에 미소한 펄스가 발생하다 급격한 증가와 감소를 보이는 이유는 과도한 열화가 트리진전으로 인해서 보이드와 외부로부터의 차단에 의해 새로운 산소의 공급이 없는 조건하에서 산소의 절대량이 방전의 억제 효과를 나타내었고, 산화반응에 의한 보이드내의 산소가 감소하고 방전의 2차적인 분해 생성물인  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{O}_3$ 의 영향으로서 열화가 진행된다.

보이드 갭길이가 짧을 때, 무보이드의 경우와 같이 과도적인 열화과정에서 열화가 더욱 진행함에 따라 약간의 폭으로 증가와 감소를 계속하여 파괴말기에 다시 증가하여 파괴직전에 감소하여 파괴에 이르는 이유는 수초형 타입의 트리에서 가지형 타입의 트리로 전환시 작은 펄스진폭의 펄스 수가 증가하고, 가지형에서 수초형의 트리로 전환시 큰 펄스진폭이 적게 발생한 이유로 생각된다. 갭길이가 짧을 때보다 길 때에 전반적인 경향으로 보아서 방전펄스의 진폭이 크고, 펄스수가 적게 발생된 이유는 보이드 갭길이가 길 때에 방전개시전

압이 높고, 보이드내의 혼합기체양도 많아서 방전이 더욱 격렬하게 일어나기 때문이라고 사료 된다.

### 3-3. 인가전압 위상각( $\phi$ )-AE 평균 펄스진폭(AEA) 및 펄스 수(AEN)-열화시간(t)의 분포특성

그림 3-5~3-8는 인공적 침상보이드의 갭길이 0.24[mm] 인 경우  $\phi$ -AEA-t,  $\phi$ -AEN-t의 분포특성을 나타내고 있다.

정, 부극성의 경우 과전초기에서는 펄스발생 위상영역이 저위상 영역으로 넓게 분포하고, 트리가

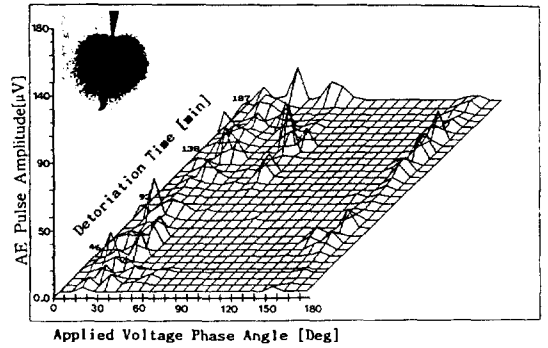


그림 3-5. 보이드방전에 있어서  $\phi$ -AEA-t 분포 특성 (0.24[mm],정극성)

Fig. 3-5. Characteristics of distribution  $\phi$ -AEA-t on the void discharge (0.24 [mm],positive polarity)

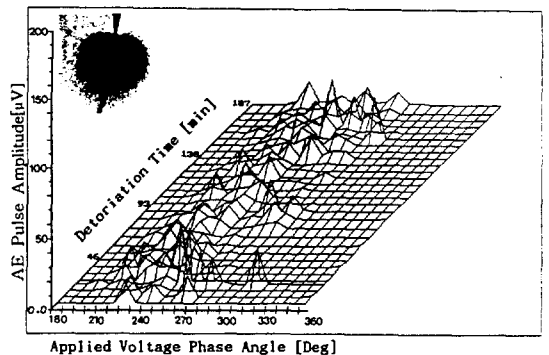


그림 3-6. 보이드방전에 있어서  $\phi$ -AEA-t 분포 특성 (0.24[mm],부극성)

Fig. 3-6. Characteristics of distribution  $\phi$ -AEA-t on the void discharge (0.24 [mm],negative polarity)

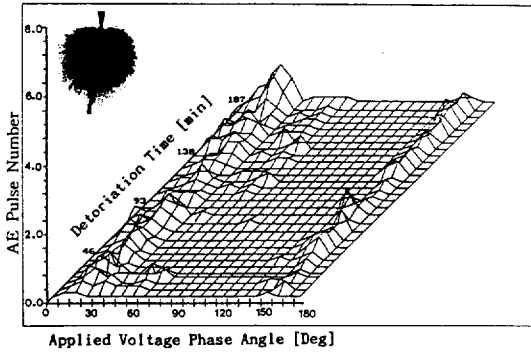


그림 3-7. 보이드방전에 있어서  $\Phi$ -AEN-t 분포 특성(0.24[mm],정극성)

Fig. 3-7. Characteristics of distribution  $\Phi$ -AEN-t on the void discharge (0.24 [mm],positive polarity)

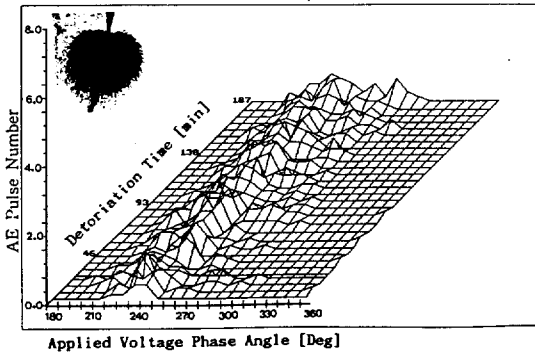


그림 3-8. 보이드방전에 있어서  $\Phi$ -AEN-t 분포 특성(0.24[mm],부극성)

Fig 3-8. Characteristics of distribution  $\Phi$ -AEN-t on the void discharge (0.24 [mm],negative polarity)

진전함에 따라 위상영역이 좁아 지면서 저위상 영역(분포중심  $20^\circ$ ,  $210^\circ$ )로 이동하다 파괴직전에 큰 진폭을 갖는 펄스가 고위상 영역까지 넓게 분포하다, 파괴에 이른다.

전 보고<sup>(8)(9)</sup>의 경우 무보이드에 비하여 보이드 방전시 펄스발생 위상영역이 넓게 분포하고 있고, 과전초기에서 펄스발생이 급격하게 상승하였으며, 중기에는 완만, 말기에 이르러 점차적으로 증가 하면서 파괴에 이른다.

그림 3-9~3-12는 인공적 침상 보이드의 갭길이가 긴경우(1.5[mm])  $\Phi$ -AEA-t,  $\Phi$ -AEN-t의 분

포 특성을 나타내고 있다. 전반적인 경향으로 보아 보이드의 갭길이가 짧은 경우보다 큰 펄스진폭을 갖는 펄스의 호트러짐이 크게 발생하였다. 펄스발생 위상분포의 폭이 넓어지면서 분포중심의 호트러짐이 크다.

정극성시, 과전초기로부터 파괴에 이르기까지 저위상영역에 이르고, 부극성시 과전초기로부터 열화가 진전됨에 따라 저위상영역으로 이동하다 파괴 말기에는 피크를 넘어서 고위상영역에 이른다.

이상을 요약해볼 때 보이드의 갭길이가 길수록 파괴에 이르는 시간이 짧았고, 방전펄스진폭도 상대적으로 컸으며, 펄스발생 위상영역도 상대적으로

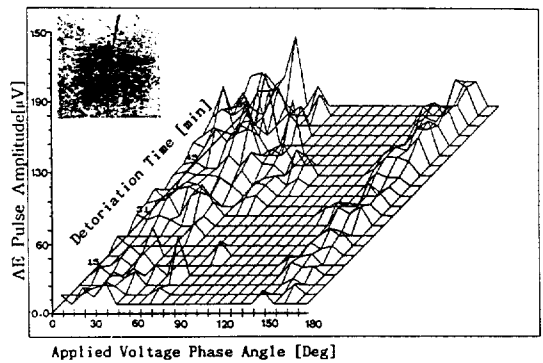


그림 3-9. 보이드방전에 있어서  $\Phi$ -AEA-t 분포 특성(1.5[mm],정극성)

Fig. 3-9. Characteristics of distribution  $\Phi$ -AEA-t on the void discharge (1.5 [mm], positive Polarity)

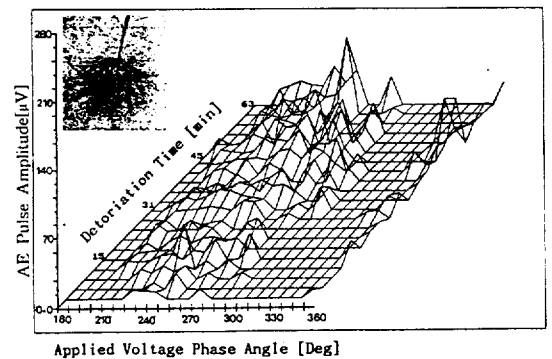


그림 3-10. 보이드방전에 있어서  $\Phi$ -AEA-t 분포 특성(1.5[mm],부극성)

Fig. 3-10. Characteristics of distribution  $\Phi$ -AEA-t on the void discharge (1.5 [mm],negative polarity)

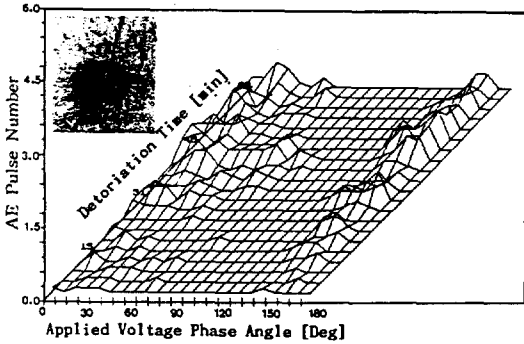


그림 3-11. 보이드방전에 있어서  $\Phi$ -AEN-t 분포특성(1.5[mm],정극성)

Fig 3-11. Characteristics of distribution  $\Phi$ -AEN-t on the void discharge (1.5 [mm],positive polarity)

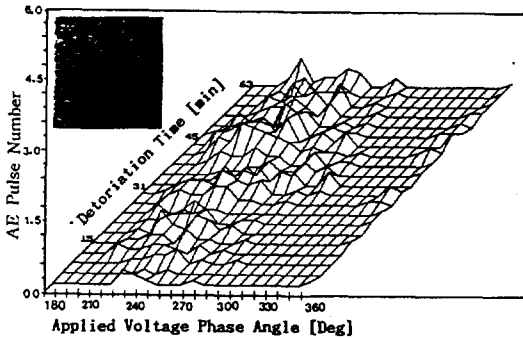


그림 3-12. 보이드방전에 있어서  $\Phi$ -AEN-t 분포특성(1.5[mm],부극성)

Fig. 3-12. Characteristics of distribution  $\Phi$ -AEN-t on the void discharge (1.5 [mm],negative polarity)

흐트러짐이 컸다.

갭길이 짧거나 긴 경우 정극성시 펄스발생 위상영역이 저위상에서 발생하여 파괴에 이르렀고, 부극성시 파괴말기에 이르러서는 고위상영역으로 이동하였다. 이는 교류전압 인가시 반사이클 즉, 부의 피크로부터 극성이 변화하여 정극성의 피크까지를 생각하여 볼 때, 부극성의 방전에 의해 잔류전하의 영향을 최고로 받기 쉬운조건이 정극성 위상 초기이고, 또한 정극성피크 근방에서는 잔류전하의 영향을 최고로 받기 어렵기 때문에 피크부근에서 펄스발생이 둔화되는 것으로 생각된다. 또한 파전초기에는 저위상영역에서 열화가 진행함에 따라 고위상영역에서 분포중심을 이룬 이유는

Kitamura씨등 여러연구자등<sup>5)14)</sup>의 연구에서도 파괴에 가까울수록 트리채널의 길이가 길어짐으로서 방전시 높은 전압이 필요됨으로 부극성시 파괴에 가까울수록 위상이 고위상 영역으로 치우쳐진다.

### 3-4 방전 파라메타(S)

본 논문에서는 트리채널내의 부분방전에 의해 트리가 진전함에 따라  $\Phi$ -AEA-t,  $\Phi$ -AEN-t 분포양상이 인공적 침상보이드의 갭 길이변화에 따라, 각기 다른 분포양상의 특징을 가지고 있음을 발견하였다. 이런 변화를 더욱 정량적으로 표현하여 절연진단 파라메타로 이용하기 위하여 분포의 특성량인 왜도(Skewness)를 도입하기로 한다.

이와같은 특성량은 분포의 형상에만 의존하는 정량화한 값으로, 여러 연구자에 의해 보고되어 활용되고 있다<sup>10)11)</sup>.

왜도 S는 분포의 비대칭성을 표현하는 양으로 좌우가 대칭이면 S=0, 오른쪽 분포중심이 낮으면 (右下) S>0, 오른쪽 분포중심이 높으면 (右上) S<0, 으로 된다.

그림 3-13 - 3-14 는 갭길이가 0.24[mm]인 시편에 15[KV]의 전압을 인가한 경우  $\Phi$ -AEA-t,  $\Phi$ -AEN-t의 왜도를 나타내고 있다. 파전초기에서는 펄스진폭 및 펄스 수의 분포 중심이 비슷한 경향으로 정극성시 (+)값으로, 부극성시 (-)값에서 끝이 (+)값인 저위상 영역으로 이동하여 큰폭으로 요동하였다. 트리가 더욱 진전함에 따라 파괴말기에 와서 정극성시 분포중심이 (+) 값으로 그리고 부극성시 (-)으로 이동하여 파괴에 이르고 있다.

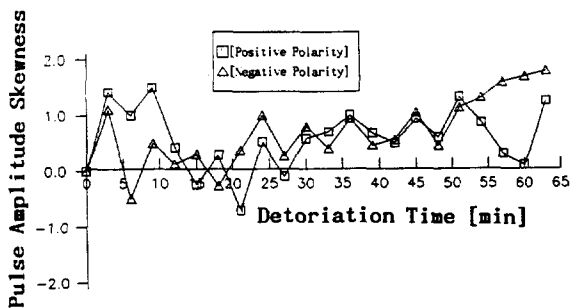


그림 3-13.  $\Phi$ -AEA 의 분포패턴에 대한 왜도의 시간변화 (15[KV], 0.24[mm]보이드)

Fig. 3-13. Time variation of the skewness of  $\Phi$ -AEA distribution pattern (15 [KV],void of 0.24[mm])

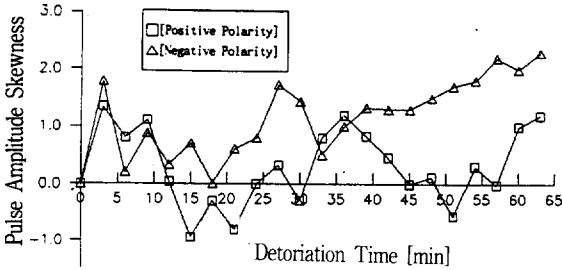


그림 3-14.  $\Phi$ -AEN 의 분포패턴에 대한 왜도의 시간변화 (15[KV], 0.24[mm]보이드)

Fig. 3-14. Time variation of the skewness of  $\Phi$ -AEN distribution patterns (15 [KV],void of 0.24[mm])

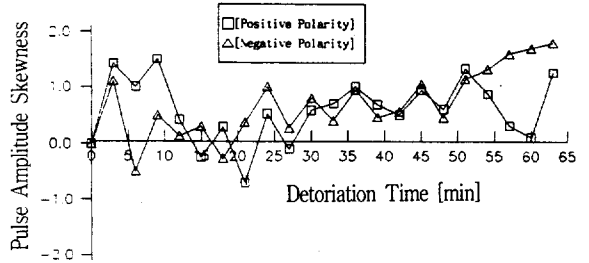


그림 3-15.  $\Phi$ -AEA 의 분포패턴에 대한 왜도의 시간변화 (15[KV], 1.5[mm]보이드)

Fig. 3-15. Time variation of the skewness of  $\Phi$ -AEA distribution patterns (15 [KV],void of 1.5[mm])

그림 3-15 - 3-16 는 갭길이가 1.5[mm]인 시편에 15[KV]의 전압을 인가한 경우  $\Phi$ -AEA-t,  $\Phi$ -AEN-t의 왜도를 나타내고 있다. 과전초기에서는 펄스진폭 및 펄스 수의 분포 중심이 (+)값으로 즉, 저위상 영역으로 이동하고 과전중기에서는 (+), (-)값으로 요동한다.

그 이후 파괴까지는 (-)값으로 파괴에 이른다. 이상의 결과로부터  $\Phi$ -AEA-t,  $\Phi$ -AEN-t은 열화 시간의 함수로서 펄스발생 분포를 정량화한 왜도 값으로 대응되고 있음을 보여주고 있다.

#### 4. 결 론

1. 보이드 갭길이가 길 때는 (63분) 가지가 많은 트리로, 짧을 때는 (189분) 수초형 타입의 트리로 진전하였다. 이는 보이드 갭길이에 따라 트리양상이 독립적으로 진전하며, 파괴에 걸리는 시간은 트리형태에 지배적임을 알 수 있었고, 케이블내의 보이드 존재는 절연수명에 치명적임을 확인할 수 있었다.
- 2.보이드 갭길이에 대한  $\Phi$ -AEA-t,  $\Phi$ -AEN-t 특성은 보이드 갭길이가 짧거나 길 때 정극성시 과전초기로부터 파괴시까지 저위상각 영역에서 그리고 부극성시 과전초기 저위상각 영역에서 펄스가 발생하고, 열화가 진행함으로서 고위상각 영역으로 이동하여 파괴에 이르고 있다. 이는 교류전압 인가시 반사이클 즉, 부의 피크로부터 극성이 변화하여 정극성의 피크까지를 생각 하여 볼 때, 부극성의 방전에 의해 잔류전하의 영향을

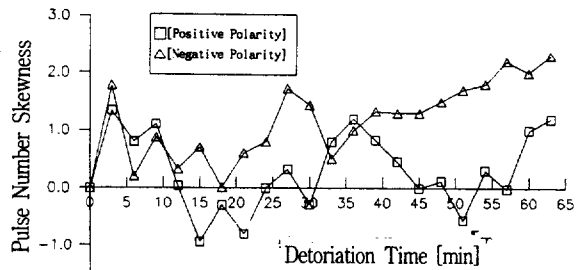


그림 3-16.  $\Phi$ -AEN 의 분포패턴에 대한 왜도의 시간변화 (15[KV], 1.5[mm]보이드)

Fig. 3-16. Time variation of the skewness of  $\Phi$ -AEN distribution patterns (15 [KV],void of 1.5[mm])

최고로 받기 쉬운조건이 정극성 위상초기이고, 또한 정극성 피크 근방에서는 잔류전하의 영향을 최고로 받기 어렵기 때문에 피크부근에서 펄스발생이 둔화되는 것으로 생각된다. 또한 파괴 말기에 가까울수록 고위상 영역으로 이동되는 이유는 파괴에 가까울수록 트리채널의 길이가 길어짐으로서 방전시 높은 전압이 필요하게 되고, 부극성시 파괴에 가까울수록 위상이 고위상 영역으로 치우쳐진다. 이는 여러 연구자의 연구결과와 일치하고있다. 보이드방전시 특징적인 것은 보이드의 갭길이가 길수록 펄스발생 분포중

심이 피크를 넘어선 넓은 위상영역에서 크게 흐트러져 발생하고 있다는 점은 보이드의 존재 유무의 진단자료로서 유용할 것으로 사료된다.

3. 펄스평균  $\phi$ -AEA-t,  $\phi$ -AEN-t 분포의 왜도 S는 트리열화를 예지하는데 유효한 방전파라미터임을 알 수 있었다.

### 참 고 문 헌

1. T.Tanaka and A.Greenwood : "Effect of Charge Injection and Extraction on Tree Initiation in Polyethylene ", IEEE Trans, Vol. PAS-97, No.5, 1977
2. T.Numano, N.Nagaoka and A.Ametani: "Lifetime Estimation of a Composites Insulation Materials Based on its Partial Discharge Characteristics", T.IEE Japan, Vol.107-A, No.2, pp 81-87, 1987
3. T.Okamoto and T.Tanaka: "Cycle-mean  $\phi-q$  Characteristics of Partial Discharge in Six Electrode System " T.IEE Japan, Vol.102, No.7, pp7-14, 1982
4. 絶縁材料 微小放電劣化 調査 専門委員: "日本電氣學會 技術 報告(1), 絶縁劣化 實驗方法", pp.20-30, 1984
5. Tairo et al: "Phase Angle Analysis of Discharge Magnitude Distribution in Fine Void", JIEE, VOL.109, No12, pp 507-514, 1989
6. Tairo et al: "Prediction of Breakdown by Void Discharge Aging ", JIEE, Vol.110, No11, pp 773-780, 1990
7. T.Tanaka: "Charge Transfer and Tree Initiation in Polyethylene Subjected to ac Voltage Stress Mechanisms", IEEE Trans.Elec.Insul. Vol27, No.3, pp424-432, 1992
8. 朴材俊, 金在煥: "음향방출 계측법에 따른 가교폴리에틸렌 케이블의 트리잉 파괴 예지에 관한 연구", 조명.전기설비학회 논문지, Vol.7, NO 4, pp 26-33, 1993
9. 朴材俊, 姜泰伍, 金在煥: "트리잉열화에 따른  $\phi$ -AE 분포특성에 관한 연구", 대한전기학회, Vol 41, No 9, pp.1060-1070, 1992
10. 絶縁材料 微小放電劣化 調査 専門委員: "日本電氣學會 技術 報告(2), 部分放電劣化", pp.17-44, 1984
11. R.J.Densly: "An Investigation into the Growth of Electrical Trees in XLPE Cable Insulation", IEEE Trans.Elec.Insul.Vol. EI-14, No.3, pp148-157, 1979
12. T.Numano, N.Nagaoka and A.Ametani: "Lifetime Estimation of a Composites Insulation Materials Based on its Partial Discharge Characteristics", T.IEE Japan, Vol.107-A, No.2, pp 81-87, 1987
13. H.Kawamura, M.Nawata, M.Ieda: " DC Treeing Breakdown of Crosslinked Polyethylene and Influence of Decomposition Remnants of Crosslinking Agent on Space Charge Formation", T.IEE Japan, Vol.103, No.8, pp39-45, 1983
14. Kitamura and S.Hirabayashi: "Tree Growth in Epoxy Resin at Final Stage of Internal Partial Discharge Degradation ", JIEE, Vol.104, No.10, pp.561-568, 1974

### 저자소개



#### 박계준

1962년 5월 23일생. 1985년 2월 광운대학교 전기공학과 졸업. 1987년 2월 광운대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 2월 광운대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1995년 현재 광운대학교, 숭실대학교 전기공학과 강사.



#### 김상남

1951년 3월 21일생. 1978년 2월 숭실대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 2월 숭실대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1974년 11월-1976년 3월 (주)천우사 근무. 1977년 11월-1978년 3월 (주)쌍용양회공업 근무. 1978년 3월-현재 시립 인천전문대학 교수.