

## 불순물에 따른 애자용 실리콘고무의 부분방전특성

김탁용, 이혁진, 신현택, 이창형\*, 이덕진\*\*, 김왕곤\*\*\*, 홍진웅  
광운대학교, 이엔아이(주)\*, 극동대학교\*\*, 서울산업대학교\*\*\*

### Partial Discharge Characteristics of Silicone Rubber for Insulator by Impurities

T.Y. Kim, H.J. Lee, H.T. Shin, C.H. Lee\*, D.J Lee\*\*, W.K. Kim\*\*\*, and J.W. Hong  
Kwangwoon Univ., E&I Ltd.\*, Far East Univ.\*\*, Seoul National Univ. of technology\*\*\*

#### Abstract

In this paper, the  $\Phi-q-n$  pattern and average discharge power of silicone rubber have investigated effect of inter impurities. It's changed impurities by silicone oil, water and copper. Applied voltage is AC 3, 4, 4.5, 5, 5.5[kV]. And data acquisition time is 10 second(600 cycles). These results suggest that partial discharge(PD) is shower negative polar than positive polar at 3[kV]. Positive polar's PD value increased with increase of applied voltage. The Conductivities expressed same  $\Phi-q-n$  pattern in positive polar and negative polar at phase region.

**Key Words** : average discharge power, silicone rubber, negative polar, positive polar, PD

#### 1. 서 론

실리콘고무 등과 같은 고분자 절연재료를 이용한 고분자 애자는 자기애자에 비해 경량·고강도로 오손절연성능에서도 우수한 것으로 전력송전분야에 있어서 현재 점차적으로 확대가 기대되어지고 있다. 그러나 유기재료이기 때문에 장기간 실외 사용에 수반한 재료표면의 경년열화가 발생하여, 실외과전폭로시험 및 인공가속열화시험의 실시등에 의해 수명평가가 필요로 되어지고 있다. 특히 이 재료표면의 열화는 오손·습윤시의 아크방전 발생에 의한 침식열화등에 의한 장기신뢰성의 해석이 중요과제로 되었으며, 최근에는 전자계측 디바이스 고속화·대용량기억용량화에 수반하여 장기간 연속시험중에 있어서 불규칙적인 누설전류 발생시의 파형관측과, 그 기억기술이 급속하게 고도화하고 있고, 개인용 컴퓨터에 의한 실시간 분리계측 처리가 가능해지면서 그와 관련된 수많은 연구가 되어지고 있다.

본 연구에서는 내부충진체에 대한 전기적현상을

알아보기 위해 현재 고분자재료의 진단을 위해 많이 연구되어지고있는 PD의  $\Phi-q-n$  분포특성을 적용하여 연구하였다.<sup>[1][2]</sup> 또한 내부충진체에 의한 전기적열화를 측정하였다.<sup>[3]</sup>

그 결과, 내부충진체가 유전체의 경우 3[kV]이하에서는 부극성에서 부분방전특성이 두드러지게 나타나다가 전압의 증가에 따라 정극성에서 부분방전이 증가하는 패턴을 형성했으며, 내부에 도전물질의 존재시 정극성과 부극성에서 부분방전현상이 비슷한 패턴으로 나타남을 볼 수 있었다.

#### 2. 실험

##### 2.1 시료

본 실험에서 사용한 시료는 실제 애자용 절연재료로 사용되는 D사의 실리콘 고무를 사용했으며 내부 충진체에 특성변화를 보기 위하여 동일한 두께 750[ $\mu$ m]의 시료를 3층으로 적층한 후 중간층의 중심부분에 원통의 형태를 가진 크기가 22[mm]인 인공 보이드를 제작한 후 원통 내부에 증류수, 실

리콘 오일 및 동편을 충전하였다.

표 1은 보이드내부 충전물질의 물성을 나타낸 것이다.

표 1. 충전제 물성.

Table 1. The physics properties of filler.

Filler	Specific dielectric constant	Conductivity [mho/m]
Pure water	80.7	$2 \times 10^{-4}$
Silicon Oil	3.45	$1 \times 10^{-11}$
Copper	1	$5.8 \times 10^7$

시료의 두께는 2.25[mm]로 하였으며 전극주변은 연면방전을 억제하기 위하여 에폭시로 몰딩하였으며, 전극은 평판대 평판전극을 사용하였다.

그림 1은 전극 및 시료의 구조를 나타내고 있다.

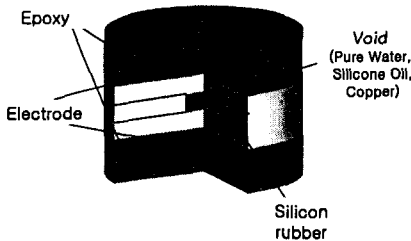


그림 1. 전극의 형상.

Fig. 1. Shape of Electrode.

## 2.2 실험 장치

본 연구에서는 AVO Co.에서 제작된 부분방전 측정장치를 사용했다. 인가전압으로 교류전압 60 [Hz]를 사용했으며, 전압은 3, 4, 5, 5.5 [kV]로 변환하여, 전압을 인가하고 1분이 경과한 후  $\phi-q-n$ 의 데이터를 10초동안(600사이클) acquisition하였다.<sup>[1]</sup>

또한 전기적열화를 알아보기 위해 평균방전전력을 측정하였다.

그림 2는 실험장비의 개략도를 나타내고 있다.

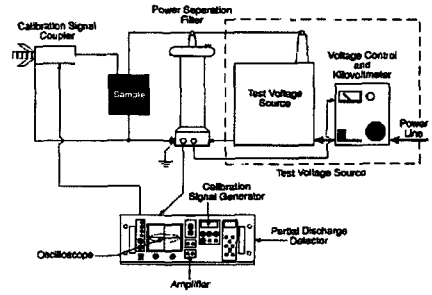


그림 2. 부분방전검출회로.

Fig. 2. Detection circuit for PD.

## 3. 결과 및 고찰

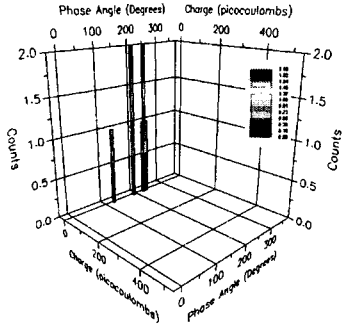
### 3.1 부분방전특성

그림 3은 전압을 3[kV] 인가시의 보이드내 충전제변화에 따른  $\phi-q-n$  특성곡선을 나타내고 있다.

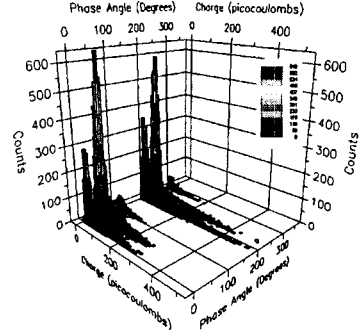
그림 (a)는 보이드내에 실리콘오일이 함유된 경우를 나타내는데 대부분의 방전전하가 부극성에 있음을 볼 수 있으며, 정극성과 부극성에서 방전전하량이 나타났음을 볼 수 있으며, 한편으로 발생빈도수가 부극성에서 정극성의 2배의 값을 나타냄을 볼 수 있었다.

또한 내부에 수분이 존재하는 경우 그림 (b)처럼 대부분의 방전이 부극성에서 나타남을 볼 수 있으며, 빈도수도 실리콘오일에 비해 매우 큰 120회 정도를 나타냄을 볼 수 있다. 끝으로 내부에 도전물질이 존재하는 경우 그림 (c)처럼 정극성과 부극성에서 방전전하량이 나타나고 빈도수도 비슷한 값을 나타냄을 볼 수 있다. 그러나 실리콘 오일 및 수분이 존재하는 경우에 비해서 방전전하량 값은 거의 10배의 값을 나타냄을 볼 수 있다. 이에 반해 수분이 존재하는 경우보다 발생빈도는 적은 것을 볼 수 있었다.

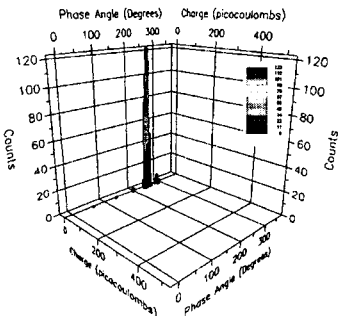
이러한 현상은 일반적으로 유전체의 경우 유전율이 다른 두 개의 물질이 존재할 경우 유전율이 낮은 곳으로 전계의 집중현상을 보여주고, 또한 부극성에서 더 많은 방전이 일어나기 때문에 부극성의 값이 큰 것으로 생각되어진다.<sup>[4]</sup> 이에 반해 도전체의 경우 도전료를 형성하여 정 및 부극성에서 동일하게 전계의 집중을 유발함으로 극성에 따른 방전전하량 및 빈도가 비슷함을 보여준다고 생각되어진다.



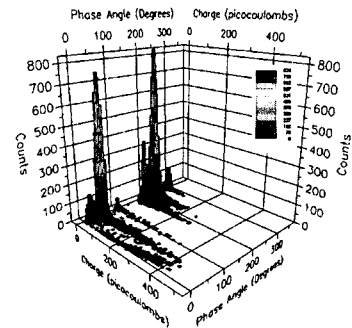
(a) Silicone Oil



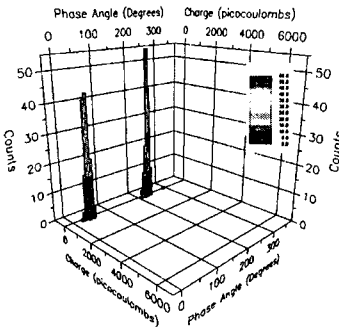
(a) Silicone Oil



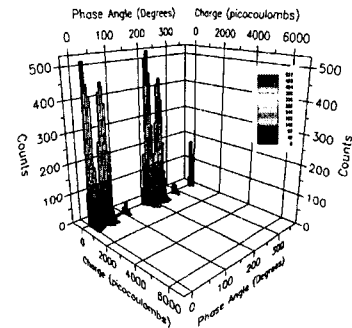
(b) Water



(b) Water



(c) Copper



(c) Copper

그림 3. 부분방전특성곡선(3[kV]).

Fig. 3. Graph of PD(3[kV]).

그림 4는 5.5[kV] 전압인가서  $\phi-q-n$ 의 특성곡선을 나타내고 있다. 최대 방전전하량은 3[kV]에 비해서 실리콘오일의 경우 20[pC]에서 450[pC]으로 증가하였으며, 증류수의 경우 20[pC]에서 436[pC]로 크게 증가한 것을 볼 수 있다.

그림 4. 부분방전특성곡선(5.5[kV]).

Fig. 4. Graph of PD(5.5[kV]).

특히 그림 (a)의 경우 정극성에서 발생빈도수가 부극성과 거의 같은 정도로 증가했지만, 방전전하

량의 경우 정극성에서 300[pC]이하에서 발생하는 반면 부극성에서는 500[pC]이하의 값을 나타낸다. (b)의 경우는 정극성에서 발생빈도뿐만 아니라 방전전하량까지 증가하여 방전전하량의 경우 부극성에 비해 더욱 큰 값을 나타냄을 볼 수 있었다. 이에 반해 (c)의 경우는 빈도수 및 방전전하량의 인가전압의 증가와 더불어 증가함을 볼 수 있었으나, 정극성 및 부극성의 분포는 3[kV]와 동일한 형태를 유지함을 볼 수 있었다.

### 3.2 방전전류 및 방전전력특성

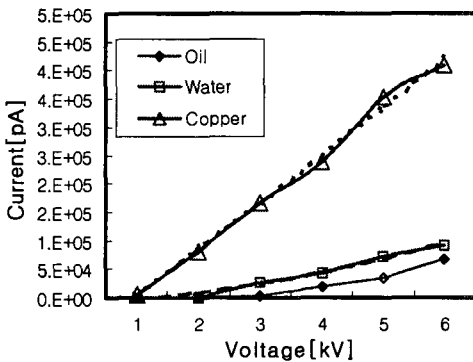


그림 5. 평균방전전류특성.

Fig. 5. Characteristics of average discharge current

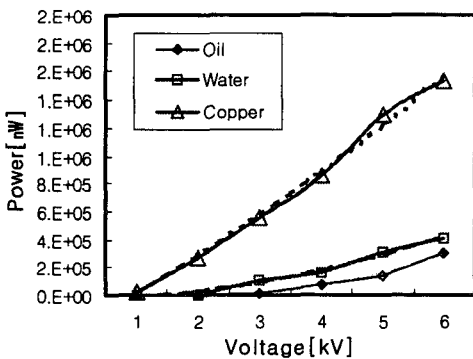


그림 6. 평균방전전력특성.

Fig. 6. Characteristics of average discharge power.

그림 5는 내부충진제 변화에 따른 평균방전전류의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 모두 전압의 증가에 따라 선형적으로 변화하는 것을 볼

수 있으며, 유전율이 작은 경우 기울기가 더 큰 것을 볼 수 있다.

그림 6의 경우는 내부불순물에 따른 평균방전전력값을 나타낸 것인데, 충전제가 오일인 경우 약 0.12[mW], 증류수의 경우 0.16[mW], 구리의 경우 0.6[mW]인 증가율을 보인다. 결국 전기적열화를 나타내는 방전전력 값은 유전체에 비해 도체의 증가폭이 거의 6배정도 증가함을 볼 수 있었다.

## 4. 결론

본 실험을 통하여 내부불순물에 따른  $\phi-q-n$ 의 변화 및 전기적열화의 특성변화의 패턴을 알 수 있었으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 3[kV]의 경우 내부에 성질이 다른 유전체가 포함될 경우 정극성에 비해서 부극성에서 부분방전이 일어남을 볼 수 있었다.
- (2) 전압의 증가에 따라 정극성의 부분방전 값이 더욱 증가하여 부극성의 값과 점차 가까워짐을 볼 수 있었다.
- (3) 유전체 내부에 충전제로 도체가 존재할 경우 방전전하량 및 발생빈도가 정극성과 부극성에서 거의 동일하게 나타남을 볼 수 있었다.
- (4) 인가전압에 따라 평균방전전류가 선형적으로 증가하였다.
- (5) 내부에 도전물질의 있는 경우 방전전하량, 방전전류 및 방전전력이 큰 폭으로 상승함을 볼 수 있었다

## 참고 문헌

- [1] 金岩浩志外 2人, “模擬トリーチャンネルのトリー伸展に伴う部分放電パルス列の特性”, 電氣學會論文誌A, Vol.120-A, No.4, p.499, 2000
- [2] C.Laurent, C.Mayox, “Analysis of The Propagation of Electrical Treeing Using Optical and Electrical Methods”, IEEE Trans., EI-16, No.1, pp.52-58, 1981
- [3] F.H.Kreuger, “Partial Discharge Detection in High Voltage Equipment”, Typeset by Lattimer Trend Company Ltd., p31, 1989.
- [4] 大木正路, “高電壓工學”, 槇書店, pp.166-179, 1980