

# Phenolic resin의 CTI에 관한 연구[Ⅲ]

論 文
3-4-3

A study on the CTI in phenolic resin[Ⅲ]

朴 東 化\* · 李 輔 鎬\*\*  
(Dong-Wha Park · Bo-Ho Lee)

## 요 약

이 논문은 phenolic resin의 CTI에 대하여 氣壓을 파라미터로 고찰하였다(IEC publication 112[濕式法]).

- 1) 氣壓이 낮아짐에 따라 건조대의 형성 및 미소 불꽃放電을 발생하는 개시 적하수는 300[V] 이상에서 증가되고 있다.
- 2) 900[mb]에서 Tracking 破壞 적하수가 가장 높으며 氣壓이 낮아 질수록 CTI의 값은 증가하고 있다.

## Abstract

In the thesis research on the CTI in phenolic resin as a parameter of atmospheric(IEC publication 112).

- 1) In according as one's decrease atmospheric, A number of drops with this as the start for a formative dry band and be produced scintillation increased in a voltage over 300[V].
- 2) In a 900[mb] increased this best a number of drops for tracking. In according as one's decrease atmospheric increased CTI value.

## 1. 緒 論

電氣 電子機器의 개발 및 보급이 확대 되면서 집  
차·제품의 고성능화, 다양화와 아울러 안전성에 큰  
관심을 갖게 되었다.

送配電設備 및 自家發電設備의 경우, 평지에서뿐만 아니라 고지에서 사용시의 문제점이 고려되고 있으며, 民生用 電子機器에서도 안전을 유지하기 위하여 IEC publication 65(1985년)에서는 해발 2000[m]의 경우를 예상해서 실험을 행할 것을 구상하고 있다.

지대가 높아짐에 따라 공기밀도가 낮아 지므로 평지보다 산소량이 부족하기 때문에 가스의 조성비

\*正會員: 仁川大學校 電氣工學科 教授 · 工博  
\*\*正會員: 崇實大學校 電氣工學科 教授 · 工博

가 변하게 된다. 따라서 氣壓의 고저에 따라 絶緣性에도 변화가 있게 된다. 이와같은 견지에서 羽田<sup>1)</sup>팀은 고지에서 絶緣材料의 錠劑燃燒試驗(UL 1270, 1410), 耐Tracking(IEC publication 112), 耐 arc 試驗(ASTM D-495)을 실시하였으며 岸<sup>2)</sup>팀은 氣壓의 저하에 따른 耐 Tracking 性의 변화를 고찰하여 발표하고 있다.

본 논문에서는 氣壓의 저하가 Tracking 형성과 정에서의 건조대 형성 및 미소 불꽃放電에 미치는 영향을 고찰하여 이의 변화가 CTI(Camperative Tracking Index)의 값에 어떠한 영향을 미치는가를 분석하였다.

## 2. 實驗裝置 및 實驗方法

### 2.1 實驗裝置

그림 1은 IEC publication 112(濕式法)<sup>3)6)</sup>에 의한 耐Tracking性を 측정하기 위하여 제작한 장치의 구성도이다.

電極間의 氣壓의 변화를 얻기 위하여 유리 容器內에 電極을 설치하였으며 로타리펌프로 容器內의 氣壓을 600[mb] 750[mb], 900[mb]로 排氣시켰다.

電解作用으로 인한 증발된 수분을 제거하기 위하여 容器內部的 上부분에 흡습지를 부착하였다.

電解液은 0.05~0.5[%]의 NH<sub>4</sub>Cl 수용액이며 20[°C]에서의 抵抗率은 89.3~10.8[Ωcm]이다.

規格容量은 10滴의 평균값이 20±2[mg]이 되도록

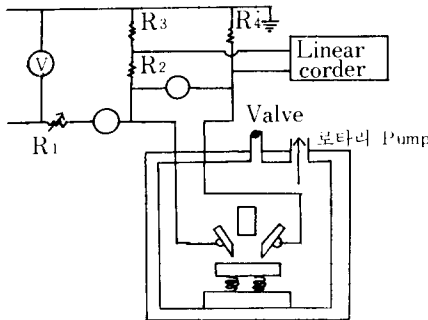


그림 1 實驗裝置의 개략도  
Fig. 1 Schematic Diagram of Experimental device.

록 제어밸브를 설치하였다.

### 2.2 試片

試片은 國產 Y社 제품의 phenolic resin 적층판이며 그 크기는 40×20×3[mm]로 일치 시켰다.

각 試片은 에틸알콜과 증류수로 세척하여 70[°C]의 항온조내에서 24시간 건조시킨 후 40배의 현미경으로 試片의 표면상태를 관찰하여 섬유질의 사출 방향을 電極의 방향과 일치하도록 하였다.

試片의 표면온도(25[°C])를 일정하게 유지시키기 위하여 試片下部에 電熱板을 설치하여 1±0.1[°C]의 온도변화에 자동적으로 조절되도록 자동온도조절장치를 부착하였다.

### 2.3 實驗方法

實驗方法과 實驗結果에 대한 처리는 IEC Draft 15A 32<sup>4)11)2)</sup>에 준하였으며 각 試片을 10회씩 측정하여 평균값으로 정하였다. 그리고 주어지지 않은 사항은 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

#### 2.3.1 건조대 형성 개시 적하수의 측정

건조대가 최초로 형성되는 적하수를 개시 적하수로 판정하였다.

건조대의 형성은 적하수가 시편에 적하된 후 두 電極間에 걸리는 電壓이 印加電壓의 98[%] 정도일 때의 적하수로 판정하였다. 이와 같은 이유는 電解液의 잔류물의 일부로 인하여 누설전류가 흐르기 때문이다.

#### 2.3.2 미소 불꽃放電 개시 적하수의 측정

건조대가 형성된 후 미소 불꽃放電이 발생되는 때의 적하수를 측정하였다.

미소 불꽃放電은 건조대가 형성된 후 잔유된 析出金屬에 의해 발생하는 部分放電으로 육안과 오실로스코프로 판정하였다.

水中에 발생하는 미소 불꽃放電은 너무 미세하고 불안정하므로 판정에 대상으로 포함하지 않았다.

#### 2.3.3 Tracking 破壞 적하수의 측정

容器內의 각 減壓 상태에서의 Tracking 破壞 적하수와 대기압 상태에서의 Tracking 破壞 적하수를 비교하였다.

## 3. 實驗結果 및 考察

氣壓의 변화에 따라 電極間의 電解液에 대한 熱變化, 酸化, 分解, 蒸發 등의 특성이 변화되므로 Tracking의 형성은 영향을 받게 된다.

3.1 건조대 형성 개시 적하수

그림 2는 氣壓의 변화에 대한 試驗電壓과 건조대 형성 개시 적하수의 관계이다.

電極間에 電壓을 인가하면 電解液이 적하된 후 1[Sec] 정도 경과하면 염화암모늄인 엷은 흰색의 잔유물이 관찰된다. 일반적으로 300[V] 미만에서는 電極의 모서리에서 발생되며 300[V] 이상에서는 電極端의 중앙에서 발생되고 있다.

이 잔유물이 電極間을 교락하게 되므로 電極間의 熱傳導가 향상되며 건조대를 형성하게 된다.

따라서 대기압상태에서의 건조대 형성 적하수는 試驗電壓이 증가됨에 따라 적하수는 감소하게 된다. 이와 같은 현상은 첫째로 電壓이 낮을 경우에는 증발 과정에서 열에너지분포의 변화에 의해 電極端에 잔류한 電解液의 영향을 받기 때문으로 생각되며, 둘째로 電解液의 증발과정과 試料의 濕潤狀態(接觸角의 크기)의 용이도에 따라 상관되는 경우가 많은데<sup>5)</sup> 기인하는 것으로 생각된다.

이와 같은 원인은 360[V] 미만에서는 氣壓이 낮은 상태에서도 유사한 현상을 보이고 있다.

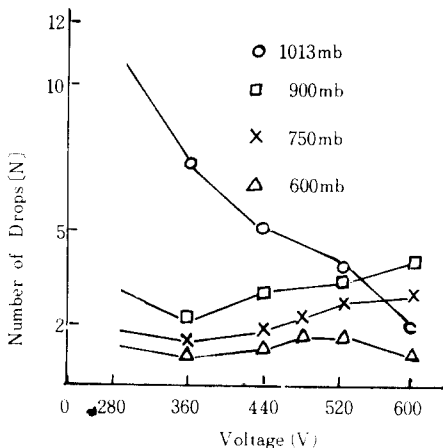


그림 2 試驗電壓과 건조대 형성 개시 적하수의 관계

Fig. 2 Relation between Test voltage and Droplet number to start for formative dry band.

그러나 360[V] 이상에서는 電壓이 증가함에 따라 건조대 형성 개시 적하수는 증가하고 있다. 이와 같은 현상은 電壓이 증가됨에 따라 電極端에 잔유하는 電解液의 양이 상대적으로 증가하는 경향이 나타나기 때문으로 생각된다. 따라서 유리탄소량이 거의 電極端으로 향하게 되어 열에너지의 매체가 감소하기 때문으로 생각된다.

氣壓이 낮아짐에 따라 건조대를 형성하는 개시 적하수는 점차 감소하게 된다.

3.2 미소 불꽃放電 개시 적하수

그림 3은 氣壓의 변화에 대한 試驗電壓과 미소 불꽃放電을 개시하는 적하수의 관계이다.

미소 불꽃放電은 析出金屬이 두 電極을 교락시킴으로써 국부적인 강한 불꽃放電을 일으키는 현상으로 電極材質의 水素過電壓 발생시간의 큰 영향을 받게 된다.<sup>8)</sup>

따라서 건조대 형성과 유사한 특성을 갖게 되며 발생위치도 일반적으로 전극의 최대 電界強度를 갖는 부분과 대응하게 된다.

電極間에 電解液이 적하되어 電極間 중앙부분에 건조대가 형성되면 이때의 최대 電界強度는 電解液의 접촉각에 의해서 정해지는 2개의 무한히 긴 원주상의 도체와 근사하게 되므로 근접효과를 고려하면 두 중심점간의 최대 電界強度[ $E_{max}$ ]는 다음 식

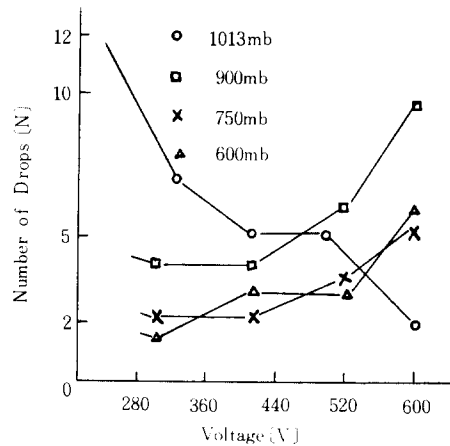


그림 3 試驗電壓과 미소불꽃放電 개시 적하수의 관계

Fig. 3 Relation between Test Voltage and Droplet number to start for scintillation.

에 의해 구해진다.<sup>10)</sup>

$$E_{max} = \{V / (d - 2a)\} \left\{ \sqrt{\left(\frac{d}{2a}\right)^2 - 1} / \log\left(\frac{d}{2a}\right) + \sqrt{\left(\frac{d}{2a}\right)^2 - 1} \right\}$$

여기에서, V : 試驗電壓 [V]

a : 접촉각의 同心圓 半徑

d : 두 同心圓의 중심간 거리

電極의 각 지점에 高電界가 형성되면 陰極으로부터 많은 電子가 방출하여 電流값이 상승하게 되어 反應速度는 점차 가속되므로 대기압에서의 미소 불꽃 放電을 개시하는 적하수는 試驗電壓이 증가됨에 따라 적어지고 있다. 그러나 減壓狀態의 경우, 300[V]까지는 대기압의 경우와 마찬가지로 전압이 증가함에 따라 미소불꽃방전 개시 적하수는 감소하는 특성을 나타내지만 300[V] 이상에서는 일반적으로 증가하는 특성을 나타내고 있다. 이와 같은 현상은 다음과 같은 몇가지 원인으로 생각해 볼 수 있다.

- 1) 앞 절에서와 마찬가지로 試驗電壓이 높아짐에 따라 試驗液의 증발속도가 빨라져 試驗液의 잔류량이 두 電極부분으로 빨리 모이게 되므로 접촉각의 크기가 증가되기 때문이다.
- 2) 試片표면의 電解液의 상태변화로 熱容量이 작아지기 때문이다.
- 3) 電解液의 飛散量이 증가되기 때문이다.

### 3.3 Tracking 破壞 적하수의 측정

그림 4는 氣壓의 변화에 대한 試驗電壓과 Tracking 破壞 적하수와와의 관계이다.

대기압하에서의 경우, 200[V] 미만에서는 100滴의 적하수에서도 Tracking은 발생되지 않으며, 電解液중의 미소 불꽃放電에 의한 열적인 파괴로 볼 수 있다. 그러나 200[V] 이상에서는 電壓이 높아짐에 따라 Tracking을 형성하는 電解液의 적하수는 점차 감소된다.

그림에 나타난 바와 같이 900[mb]에서는 600[V]의 電壓을 인가해도 50滴에서 Tracking 破壞는 발생되지 않고 있으며 氣壓이 낮아짐에 따라 CTI의 값은 증가하고 있다. 750[mb]에서는 360[V] 미만에서 V형의 특수한 특성을 나타내고 있다. 이와 같은 현상은 흔히 實驗者에 의해 발견되고 있지만 자세한 규명은 아직도 밝혀지지 않고

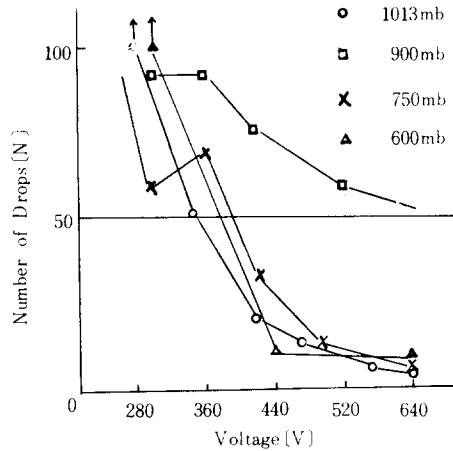


그림 4 試驗電壓과 Tracking과괴 적하수의 관계  
Fig. 4 Relation between Test Voltage and Droplet number to tracking breakdown.

있다.

일반적으로 減壓狀態에서의 건조대의 형성과정과 미소 불꽃放電의 발생과정은 대응관계가 존재하지만, Tracking의 형성과정과의 직접적인 관련성은 더욱 자세한 규명이 필요하며 氣壓이 낮아짐에 따라 CTI의 값은 증가되고 있음을 알 수 있다.

絶緣材料의 耐Tracking性에 대한 氣壓의 영향은 아직도 불명한 점이 많으므로 앞으로의 많은 고찰이 필요하다.

### 4. 結 論

본 논문은 IEC publication 112(溫式法)에 의한 減壓現象이 건조대의 형성, 미소 불꽃放電의 발생 및 Tracking 형성 등에 미치는 영향을 고찰하여 phenolic resin의 CTI에서 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 氣壓이 낮아짐에 따라 300[V] 이상에서는 電壓이 증가함에 따라 건조대를 형성하는 개시 적하수는 증가된다.
- 2) 미소 불꽃放電을 발생하는 개시 적하수는 건조대의 형성 개시 적하수와 대응하고 있으며, 減壓에 대한 개시 적하수의 변화가 크게 나타났다.
- 3) Tracking 破壞 적하수는 900[mb]에서 가장 높으며 減壓에 대한 CTI의 값은 氣壓이 낮아짐에 따라 증가하고 있다.

### 参考文献

- 1) 羽田外 8名, 高地における絶縁材料の燃焼特性  
日本電気學會研究資料, EIM 89-56, pp.17~23, 1989. 7
- 2) 岸外 3名, 絶縁材料の耐ドラツキンヴ性に及ぼす  
氣壓の影響 日本電気學會研究資料, EIM 89-57,  
pp.27~36, 1989. 7
- 3) Draft appendix to IEC publication 112(第三版)  
1979. 7. 1971. 12
- 4) Draft appendix to IEC sc 15A(central office)  
32. (1977)
- 5) 吉村, 西田, 能登, “有機絶縁材料表面のドラツ  
キンヴ破壊におけ乾燥帯の形成過程” 日本電気學  
會論文集A, pp.593~600, 1983
- 6) IEC publication 112 による絶縁耐力の耐ドラ  
ツキンヴ性試験方法, 日本電気材料耐ドラツキン  
ヴ”性試験法特別専門委員會, 日本電気學會技術  
報告Ⅱ, 1980. 6
- 7) N. Yoshimula, M.Nishida & F.Noto, Infuence  
of the electrolyte on tracking breakdown of  
organic insulating materials, IEE Trans Elect  
Insulation, EI-16. p.510, 1981
- 8) 朴東化, 李鋪鎬, “phenolic resin의 CTI에 관한  
研究”, 電氣, 電子材料學會誌, Vol.1, p.72,  
1988
- 9) 朴東化, “phenolic resin의 Tracking에 미치는  
溶出金屬의 영향”, 仁川大學校 工業 開發研究所  
研究報告 第1輯, p.27, 1985. 12
- 10) 西田, 吉村, 能登, “有機絶縁材料表面のドラ  
ツキンヴ劣化過程で發生する放電の光パルス測  
定”, 日本電気學會論文輯A, pp.41~48, 1984
- 11) 金大龍, 尹秉河, 金屬電氣化學의 理論과 應  
用, 螢雪出版社, p.125, 1982
- 12) 糸賀外 4名, “架空配電用絶縁電線の 耐ドラツ  
キンヴ性 試験の 加速方法”, 日本電気學會 論文集  
A, pp.321~328, 1985