

고분자절연재료에서 배후전극이 연면방전에 미치는 영향

The Effect of Back Electrode on the Surface Discharge of polymeric Materials.

조기선* · 신태현* · 김영조*

(Ki-Sun Cho · Tae-Hyun Shin · Young-Jo Kim)

요 약

원통형 및 평판형 유전체에 임펄스전압을 인가하는 경우 나타나는 50%의 Flash over전압 (F.O.V)특성 및 Lichtenberg 도형에 미치는 배후전극은 영향을 관측하였다. F.O.V 는 배후전극의 있는 경우가 없을때보다 인가전압을 저하시킬수 있었고 Lichtenberg 도형에서 방전로의 진전상태는 배후전극의 존재로 인하여 크게 신장함을 알았다.

ABSTRACT

This paper is studied on the influence of the back electrode to the characteristic of Lichtenberg figure and 50% F.O.V (flash over voltage) on the occasion of being applied the impulse Voltage to the tube type and the plat type dielectrics.

Decreased voltage can be recognized in case of being placed the back electrode rather than not being placed the back electrode. The extension of the Lichtenberg figure is increased as the back electrode exists.

*유한공업전문대학

1. 서 론

최근 전력수요의 급증으로 인하여 전력계통에도 대용량 고전압 및 신뢰도 안정도 향상에 대한 관심이 고조되고 있는바 전력계통 설비의 양적인 공급확대보다는 질적인 수준향상이 시급한 실정이므로 계통의 장기간 운전으로 인한 절연계통의 열화현상을 진단함과 동시에 성능향상을 도모할 필요가 있다. 특히 전력계통에서¹⁾²⁾ 부상 회전기기의 코일단말 및 케이블의 단말등 절연물의 표면에서 F. O. V의 발생으로 절연물 표면의 손상 및 파괴가 종종 일어나고 있다. F. O. V^{3,5)}에 미치는 영향은 연면거리 유전율, 유전체의 두께, 고유용량, 잔유전하, 공기층, 전극배치에 의한 방전로의 간격, 회로조건 및 임펄스 파두장 등을 지적할 수 있다. 특히 유전체의 표면에 배후전극이 존재하는 경우 연면 F. O. V특성⁴⁾에 대한 정량적인 규명으로는 M. Toepler씨⁶⁾의 침대 평판전극에 의한 Gleitbuchel의 길이에 관한 실험식의 유용성이 인정되고 있는 것 외에는 연구된바가 별로 없었다. 특히 배후전극이 존재하는 경우 유전체⁹⁾ 표면의 전위분포와 섬락전압에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 배후전극이 있는 원통형 및 평판형 유전체에 임펄스 전압을 인가한 경우에 있어서 50[%]의 F. O. V 특성 및 Licgtenberg 도형에 미치는 영향을 연구하였기에 보고한다.

2. 실험방법

2-1. 시료

본 실험에서 사용한 시료의 종류와 크기는 표1, 2와 같이 하였고 원통형 유전체의 시료는 사진 1과 같다.

표 1 원통형 유전체

시 료	외 반 경	내 반 경
	a (×10 ⁻³ m)	b (×10 ⁻³ m)
화 이 바 I	14	11
화 이 바 II	22	16
에 보 나이트 III	14	10

표 2 평판 유전체

시 료	두 겹
	d (×10 ⁻³ m)
화 이 바 III	2.0
화 이 바 IV	4.0
에 보 나이트 II	4.4

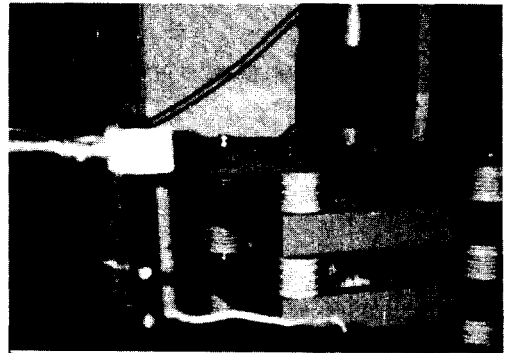


사진 1. 원통형 유전체의 시료
photo 1. The sample of the tube insulator.

2-2. 원통형 유전체의 50[%] F. O. V의 측정

임펄스 방전전압은 한번의 방전에 의해 값을 결정하는 것은 곤란하므로 같은 상태의 전압을 10~20회 인가하고 50[%] 회수만큼 취한것이 50[%] F. O. V의 값이다.

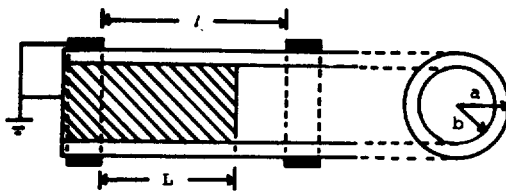
시료로서는 에보나이트 I 및 화이버 I 을 사용하였다.

원통형 유전체의 표면에 전극을 연면거리 l' 만큼 간격을 두고 평각동선을 감았다. 또 내

면에 배후전극으로는 알루미늄박을 원통으로 만들어 사용하였다.

그림 1은 전극배치를 나타낸 것이다. 그림 1

특히 F.O.V의 방전거리는 불규칙하기 때문에 이 점을 고려하지 않았고 방전할 때마다 방전후의 불순물을 제거하기 위해 에틸알콜 중에서 5분간 초음파 세척후 충분히 건조하였다.



a : 외반경 l : 전극간 거리
b : 내반경 L : 배후전극의 길이

그림 1. 원통형 유전체의 50% flashover 특성에 대한 전극배치

Fig. 1. The electrode of arrangement on the characteristics, 50% F.V.0 of the tube insulator.

2-3. 원통형 유전체의 Lichtenberg 도형의 관측.

유전체 시료로서는 에보나이트 I 및 화이버 II를 사용하였으며 배후전극이 있는 그대로 실험을 하였다. 암실내에서 시료의 외면에 필름(X-Ray)을 감광면이 외측으로 향하게 해서 감고 전극간 거리를 일정하게 하고 임펄스전압을 인가한후 Lichtenberg 도형을 얻었다.

2-4. 평판 유전체의 Lichtenberg 도형의 관측

그림 2에 표시된바와 같이 침전극과 평판전극 사이에 평판유전체를 삽입하고 침전극에 임

펄스전압을 인가해서 Lichtenberg 도형을 얻었다. 이때 필름은 침전극과 유전체 사이에 감광면이 침전극 측으로 향하게 하였다. Lichtenberg 도형의 신장은 최대도형 반경에서 측정하였고 잔류전하를 제거하기 위해 매 실험마다 에틸알콜로 닦아준 후 방전을 시켰다.

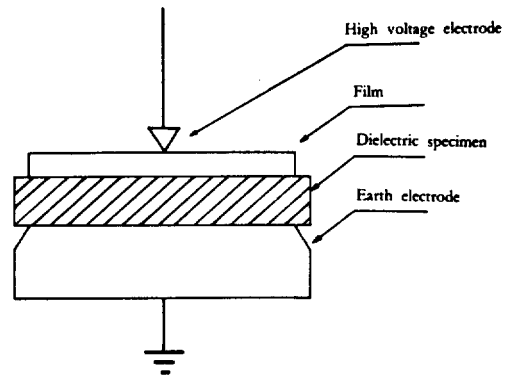


그림 2. 평판유전체의 Lichtenberg 도형의 관측.
Fig. 2. The obserbvaton of Lichtenberg figure on the plate type dielectrics.

3. 실험결과 및 고찰

3-1. 원통형 유전체의 50(%) F.O.V 특성 (정극성)

그림 3과 그림 4는 시료중 화이버 I 및 에보나이트 I 인 경우 배후전극의 길이를 매개변수로 했을때 연면거리와 50(%) F.O.V의 관계를 나타낸 것이다.

$l=0$ 일때 즉 배후전극이 존재하지 않을 경우 특성곡선은 거의 직선으로 되지만 배후전극의 길이가 길수록 50(%)의 F.O.V 값은 점점 감소함을 알수 있다.

그림 5는 Toepler의 연면방전에 관한 실험식과 비교한 그래프이다. 연면거리 l 의 값이 작을 때는 어느정도 차이를 나타내고 있지만 l 의 값

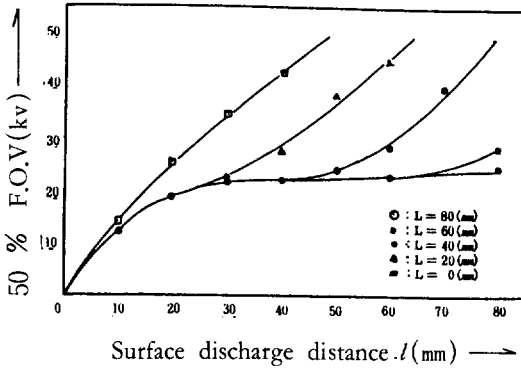


그림 3. 화이버 I 원통의 50(%) F.O.V 특성 (정극성)

Fig. 3. The character of the 50(%) F.O.V in the Fiber I, tube Insulator.

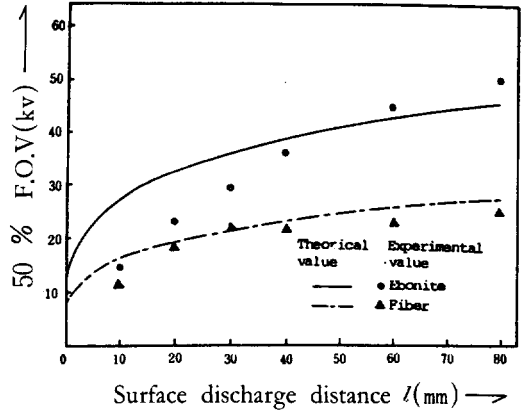


그림 5. 계산값과 실험값에 의한 50(%)F.O.V 특성

Fig. 5. The character 50(%)F.O.V of The theory Value and experimental Value.

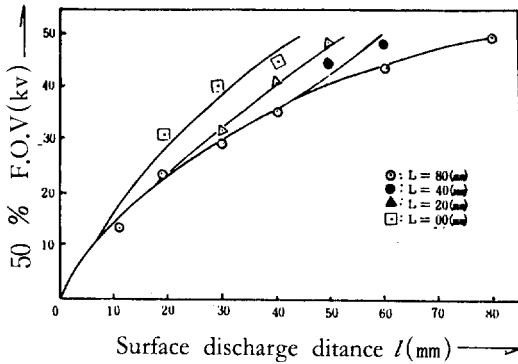


그림 4. 에보나이트 I 원통의 50(%)F.O.V 특성 (정극성)

Fig. 4. The character of the 50(%) F.O.V in the Ebonite I, tube insulator.

이 상승함에 따라 거의 일치함을 알수 있다. 따라서 l 이 큰 영역은 Gleitbüschel의 영역임을 의미하고 l 이 작은 경우 즉, 일치하지 않는 영역을 Polbüschel의 영역이라고 생각된다.

3-2. 원통형 유전체의 Lichtenberg 도형의 관측.

시료중 에보나이트 I 및 화이버 II인 경우 인가전압에 대하여 유전체 표면에서 나타나는 방전현상의 전형적인 Lichtenberg 도형의 최대 신장을 측정해서 그림 6에 도시한다. 인가전압이 낮은 영역에 있어서 본 연구에 사용한 시료로는 시료의 종류에 관계없이 동일한 직선상의 범위에 있다.

인가전압이 높아짐에 따라 Lichtenberg 도형의 특성은 방전도가 갑자기 크게 증가하는 현상이 있으며 에보나이트가 화이버보다 높은 전압에서 발생한다. 이는 에보나이트와 화이버의 고유용량이 각각 다르기 때문이라 추정된다.

여기서 알수 있는것은 인가전압 V 와 Lichtenberg 도형의 길이 L_s 와 관계가 2 개의 직선에 의해 나타낼 수 있다. 이것은 방전의 형식이 변화는 것을 의미하고 여기에 전압이 낮은 영역에서 그래프의 기울기가 작은 부분은 Polbüschel 이라 생각할 수 있고 또 비교적 전압이 높은 영역에서 기울기가 큰 부분은

Gleitbüschel 이라할 수 있다. 즉, 인가전압 변화에 대한 Polbüschel 의 신장에 비해 Gleitbüschel 의 신장은 매우 큰것을 알 수 있다. 여기서 시료로 사용된 에보나이트 I 및 화이버 I 의 고유용량 Co 는 각각 $0.6 \times 10^{-8}(\text{F}/\text{m}^2)$ 및 $2.53 \times 10^{-8}(\text{F}/\text{m}^2)$ 이다.

따라서 에보나이트 I 보다도 화이버 I 쪽이 낮은 전압에서 Polbüschel 로 부터 Gleitbüschel 에 전이하고 있는것에 의해 Co 값이 큰 쪽이 더 빨리 방전형식이 변화하는 것으로 생

각된다. 또 Polbüschel 의 영역은 시료에 관계 없이 동일 직선으로 나타나고 기울기의 값은 일정하다.

그림 7 과 그림 8 은 에보나이트 I 및 화이버 I 에 관해 50(%)F.O.V의 특성과 Lichtenberg 도형의 길이특성을 나타낸 것이다.

여기서 Gleitbüschel 의 영역에 대한

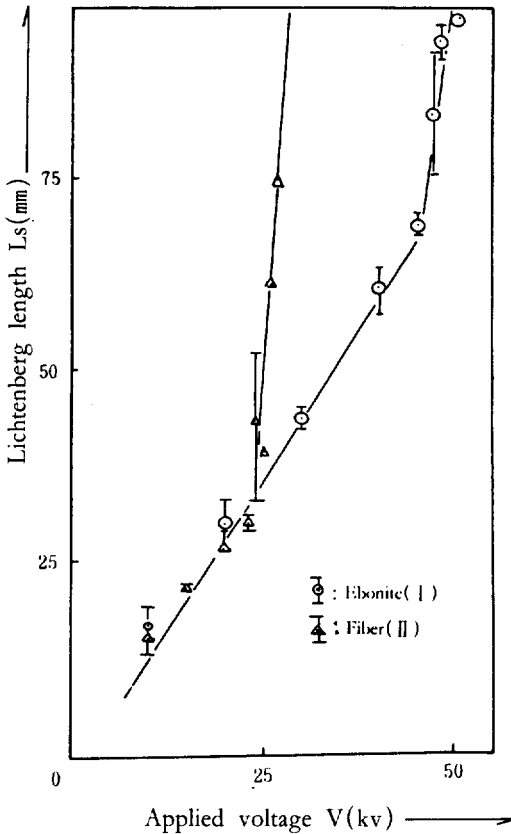


그림 6. 원통형유전체의 인가전압과 Lichtenberg 도의 길이

Fig. 6. The applied voltage and the Lichtenberg length of the tube insulator.

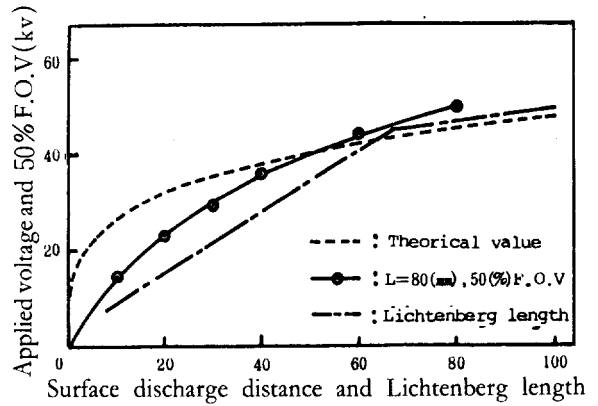


그림 7. 에보나이트 I 의 50(%) F.O.V 특성과 Lichtenberg의 길이

Fig. 7. The character of 50(%) F.O.V and Lichtenberg length in the ebonite I.

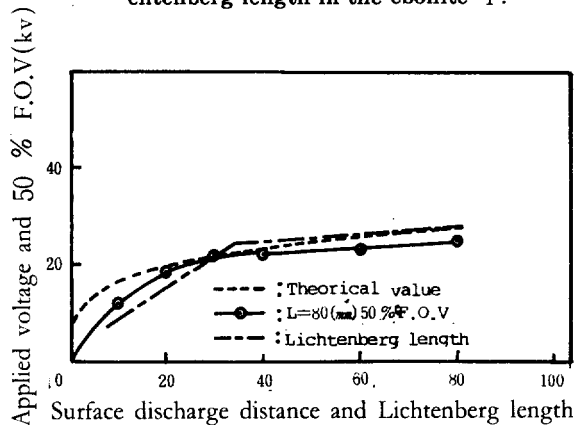


그림 8. 화이버 I 의 50(%) F.O.V 특성과 Lichtenberg의 길이

Fig. 8. The character of 50(%) F.O.V and Lichtenberg length in the fiber I.

Toepler 씨의 실험식에 의해 구해진 계산값 $L = 80(\text{mm})$ 때의 50(%) F.O.V 값 및 L_s 값의 특성은 일치 한다고 볼수 있다.

즉, 일정한 l 에 대해서 임의의 전압 V 에 대한 L_s 가 l 과 같을때 섬락전압 V 가 바로 50(%) F.O.V라 말할 수 있다.

또 Polbüschel 의 영역에 있어서는 $L_s = l$ 되는 전압에 대해 섬락이 일어나지 않으므로 50(%) F.O.V을 위해서는 그 이상의 전압이 필요하게 됨을 알 수 있다.

3-3. 평판 유전체의 Lichtenberg 도형의 관측

시료 화이버 III와 에보나이트 III에 대해 인가전압에 대한 Lichtenberg 도형의 최대반경을 측정하여 그림 9와 그림 10에 나타내었다.

화이버의 경우 인가전압과 Lichtenberg 도형의 신장과의 관계는 2 개의 직선에 의해 나타낼 수 있다.

여기서 인가전압이 낮은 영역에서는 시료의 두께 및 고유용량에 관계 없이 한 개의 직선으로 나타 낼 수 있고 또 특성이 전이된 후의 특성의 기울기는 시료의 두께 및 고유용량에 관계 없이 동일하다.

에보나이트인 경우 인가전압과 Lichtenberg 도형의 신장과의 관계는 시료의 두께 및 고유

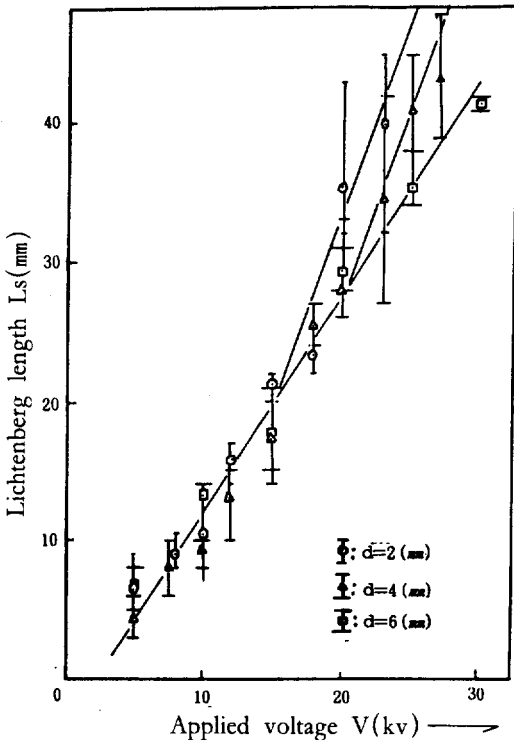


그림 9. 화이버 III 평판의 인가전압과 Lichtenberg 길이.

Fig. 9. The applied Voltage and the Lichtenberg length of in the fiber III plate insulator.

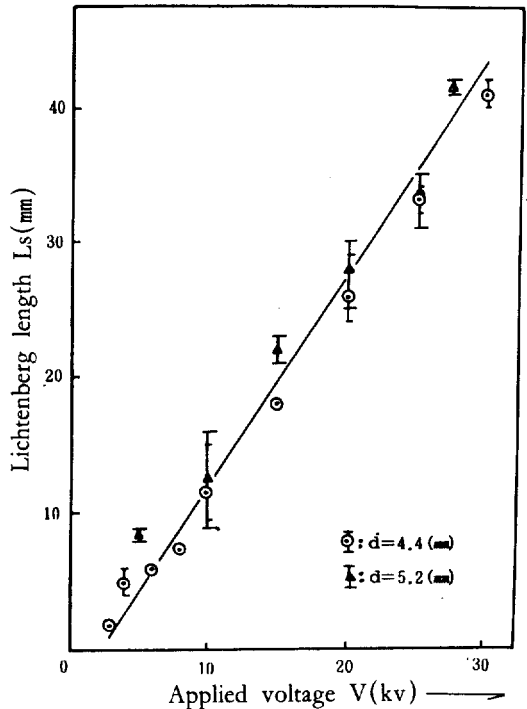


그림 10. 에보나이트 II, 평판의 인가전압과 Lichtenberg 길이

Fig. 10. The applied voltage and the Lichtenberg length in the ebonite II plate insulator.

용광에 관계 없이 한 개의 직선으로 나타낸다. Polbüschel 의 영역에서 시료의 종류와 형상 (평판 및 원통)에 관계 없이 동일한 직선으로 나타낼 수 있다.

에보나이트 V-L₀ 특성은 한 개의 직선으로 표시 되지만 이것은 에보나이트의 Gleitbüschel 이 나타내는 전압이 실험한 전압보다 매우 높기 때문에 그래프에는 Polbüschel 의 영역만 나타낸 것으로 생각 된다.

4. 결 론

본 실험은 주로 배후전극이 존재 하는 경우의 임펄스 전압에 의한 연면방전 현상에 대해 관측 하였으며

1) 배후전극이 존재하므로써 50(%)F. O. V 의 특성 및 인가전압에 대한 Lichtenberg 도형의 신장에 현저한 영향이 있음을 알았다.

2) 배후전극의 존재는 50(%) F.O.V.를 저하시키고 Lichtenberg 도형이 신장됨을 알았다.

3) 원통형 유전체의 전극배치에 관한 실험값이 Toepler 씨의 실험식으로 계산한 값에 대체로 일치함을 확인할 수 있었기에 실험식이 고압전기기기 절연설계에 유효하게 적용 될 수 있다.

이상은 현상적으로 나타난 결과를 정리한 기초 단계이지만 금후 물성적으로 규명하는 데는 매우 어려운 점이 많아 더욱더 많은 연구가 필요하다고 생각되며 전기기기류의 설계에 다소나마 고려해야 할 현상이라 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) 電氣學會放電ハンドブック出版委員會; 放電ハンドブック 第 5 章 沿面放電 (1976)
- 2) 大木正路; 電氣學會雜誌, 76-808 (1956. 1)
- 3) Y. Toriyama; *Dust Figure of Surface Discharge and it's Applications*, Kinokuiya (1961)
- 4) 鳥山回男; 高電壓工學, 128, コロナ社(1968)
- 5) 福岡大工; “아크릴의 沿面放電의 진전과정”
- 6) 嶋崎俊行, 常安 暢, 赤崎正則; 日本電氣學會誌, 54-A68, 527~534 (1979)
- 7) 丁性柱, 李德出; 高電壓工學, 文運堂 66 (1964)
- 8) M. Toepler; *Arch Electro tech*, 10, 157 (1921)
M. Toepler; *Ann. Phys.*, 21, 193.(1906)
- 9) 常安 暢; 日本電氣學會論文誌, 51-A9, 63~70 (1976)
- 10) E. Kuffel and M. Abdullah; *High Voltage Engineering* 188~198.(1964)

(1989년 10월 27일 접수)