

이 계 호
박 종 건
김 태 성
박 태 수
이 진*

전남대학교
공과대학
전기공학과

1. 서 론

케이블의 절연파괴의 주원인은 Treeing에 의한 파괴로 생각된다. 이 Treeing은 침대평판 전극 구성에 의한 시험법이 개발되어 유전체의 절연내력 시험에 많이 이용되고 있다. 침대평판 전극 구성을 주로하는 Treeing 시험에서는 Tree의 발생 조건에 관계없이 그 진전은 Tree 지내의 기압 및 기체의 종류에 많은 영향을 받는다. 따라서 Tree의 가속성은 한정되어있는 조건, 즉 '전압 주파수에 의하여 얻어질 수 있는데, 종래의 연구는 Tree의 전압 및 상용 주파수 의존성에 대하여 주로 연구되어 왔고 가속에 의한 연구는 아직도 미완성된 상태이다. 더우기 고주파에 의한 가속성 연구가 미진 상태이므로 본 연구에서는 60-3000 [Hz] 범위내에서 가교폴리에틸렌과 Epoxy 수지계 유전체를 선정하여 그 주파수 의존성을 고찰하였다. 시료 내부의 이물질은 인공적으로 Void를 만들고 그 내부에 물, 공기 및 변압기유 등을 삽입하여 시편을 만들었고 이들이 Tree의 가속에 미치는 영향을 연구 하였다.

2. 실험방법

(1) 시료의 제작

본 실험에 사용된 시료는 시편의 22.9 [KV] 고압 케이블 절연체인 가교 폴리에틸렌과 실험실에서 제작한 Epoxy수지로서, 특히 Epoxy 수지는 액상의 원료인

YD-128과 G-240을 3대 1로 혼합하여 사용하였다. 가교 PE의 시편은 시료를 30 [mm] 길이로 절단하여 그림 1과 같이 종방향으로 반분하고 반도체층을 완전히 절단 가공한 시편을 제작 사용 하였다. Epoxy수지는 30x20x5mm의 틀을 제작한후 혼합액을 부어 상온(20°C)에서 경화 시켰으며, 침전극은 경화 이전에 삽입 하였다.

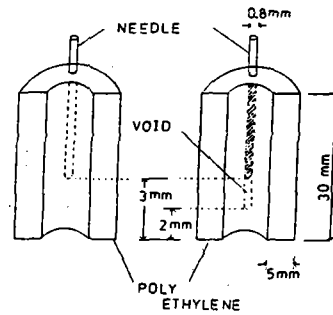


Fig1. Schematic Diagram of Specimen

시료내의 Void는 0.8x1mm의 크기로 하였으며, 침전극과 평판 전극의 간격은 3 [mm]로 하였다. 침전극은 그 곡률 반경이 20 [μm], 길이 4.72 [cm], 직경 0.8 [mm]이고 평판전극은 직경 10 [cm] 두께 5 [mm]의 황동 원판은 사용하였다.

Void 제작시는 침전극을 2 [mm] 깊이까지 삽입한 후 삽입상태의 시료를 물, 공기, 변압기유 속에서 침을 빼내어 물, 공기, 변압기유등이

Void로 침투하게한 후 다시 침전극을 3[mm]깊이까지 삽입 하였다.

(2) 실험방법

실험기기는 고주파 발생장치 (일본 Pulse 전자기술 주식회사 model;HFV-40E)와 오실로스코프(model; Hp1743A), 편광현미경 (일본 Olympus사) 및 각종 전자측정기를 사용 하였다. 실험방법은 유종실험장치의 평면 전극위에 시료를 놓고 주파수 및 시료의 종류에 따라 시간을 변화시키면서 동일 조건하에서 5-10개의 시편을 사용하여 Tree의 가속을 측정한 다음 그 평균값을 구하였다. 인가 전압은 14[KV]로 일정하게 유지 시켰고 Tree의 관찰은 현미경을 이용하여 Tree의 성장및 초기 Tree를 측정, 촬영 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

실험 결과를 그림 2-11에 나타냈다. Initial Tree의 측정은 Tree의 길이가 0.1[mm]가 나타나는 시간으로 하였으며 초기 Tree와 시편의 관통시간을 발생 확률 50[%]로 정하였다. 그림2-5은 가교폴리에틸렌의 Tree의 진전을 시간의 변화로 도시한 것이고 그림6은 일정시간에서의 주파수의 변화에 따른 Tree의 신장률을 나타낸 것이다. 그림 7-10은 Epoxy 수지의 Tree의 진전을 도시한 것이고 그림 11은 이들의 가속성을 나타낸 것이다.

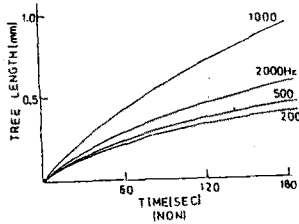


Fig. 2. Time Dependence on Growing Trees

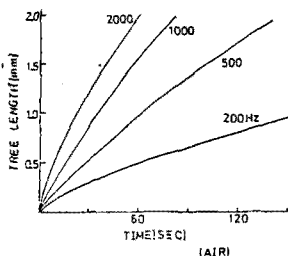


Fig. 3. Time Dependence on Growing Trees

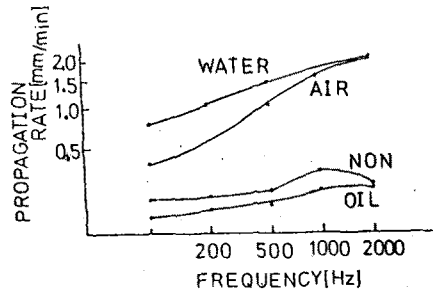


Fig 6. Frequency Dependence on Growing Trees

그림에서 보는바와 같이 Tree의 가속은 동일 주파수 내에서도 Void의 유무에 따라 각각 다르게 나타나며 가교폴리에틸렌과 Epoxy 수지의 nonvoid는 그 주파수 가속의 임계효과를 잘 나타내 보이고 있다. 이는 동일 전압에서는 주파수의 상승에 따라 Tree의 신장률은 임계주파까지는 상승하지만 임계주파수까지만 후에는 오히려 그 신장률이 감소 한다는 것이다. 주파수 가속의 임계효과는 임계주파수의 방전까지는 기체의 경우 Townsend의 방전 이론을 따르다가 임계주파수가 지난후에는 양이온의 포획 현상에 기인한 것으로 풀이되며 더욱 주파수를 상승시킬 경우 전자 포착에 의하여 다시 주파수의 상승에 따라 Tree 신장률이 증가될 것으로 예상된다.

그림 6에서는 시간의 변화에 따르는 Tree의 신장이 시간에 대한 임계효과를 지니고 있음도 잘 보여 주고 있다. 시간에 대한 임계 효과는 Tree 진전시 생성되는 가스의 압력과 발열에 의한 온도 및 Maxwell 응력에 의한 파괴 강도와 부분 방전 및 반복 전압 인가의 복합적인 요소로 풀이할 수 있다.

또한 주파수의 변화에 관계없이 Void가 있는 시료가 void 없는 시료보다 유전체의 수명이 단축되고 있음을 알 수 있다, 이는 Void내부에 이물질이 존재하는 경우 복합 유전체로 풀이해 보아 비유전율의 차이에 의하여 비유전율이 낮은 유전체에 보다 큰

전계 강도가 인가되기 때문으로 생각된다.

이상에서 고찰한 바와 같이 Tree의 진전은 주파수와 전압의 인가 시간에 대하여 임계효과를 나타내고 있으며 Void의 유무와 시료의 성분에 따라 그 임계의 값이 다르게 나타나고 있다.

Tree의 성장 형태는 임계치의 값 까지는 Tree상 임계의 값을 지난후에는 Potato 상을 지니며 더욱 전압 및 주파수를 상승할 경우는 Bridge상으로 진전하였으며 사진은 1,2,3은 이를 잘 보여주고 있다.

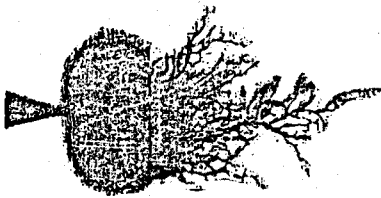


Photo. 3 Tree of Bridge Type
(Nonvoid, 1KHz, 35 minutes)

4. 결 론

가교폴리에틸렌과 Epoxy수지에 대한 Tree 발생과 진전 상태의 주파수 의존성을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Void 내에서의 Tree의 수명은 Water, Air, Oil, Nonvoid의 순으로 짧았다.
- 2) Tree의 형태는 Tree, Potato, bridge 상의 순서로 진전 하였다
- 3) Tree의 진전은 시간에 대한 임계성을 지니고 그 임계성은 시료의 종류와 Void의 유무에 따라 변화 하였다.
- 4) Tree의 주파수 가속성은 Non, oil, Water, Air의 순서로 임계값을 나타낸다.
- 5) 주파수의 상승에 따르는 tree의 성장폭은 유전체의 종류와 Void 내의 매질에 따라 다르며 동일 전압, 동일시간에서 oil,

Non, Water, Air의 순이다.

참 고 문 헌

1. 광영순의 2인, "polyethylen의 내부방전 효과에 의한 절연파괴특성", 전기학회지, Vol. 27, No. 6, PP. 76-83(1978).
2. 박하인, 이계호, 김태성, 이진, "가교 polyethylen의 Tree발생 및 진전에 관한연구", 학술연구발표논문집, 방전 및 고전압 분야, 제17회, PP.35-37
3. 전성주 "침탄간격의 불꽃전압특성", 전기학회지 Vol. 26, No. 3, PP.69-72(1977)
4. Y. Nitta, "A possible mechanism for propagation of water trees form water electrodes", IEEE Trans. on Elec. Insul., EI-9, PP. 109-112(1974)
5. 서극철의 3인, "고전압공학", 동명사, PP.23-80(1979)
6. 전춘생, "방전, 고전압공학", 동명사, PP.247-314(1984)
7. 전기학회방전 핸드북 출판위원회편, "放電 핸드북", 59년, PP.414-457
8. J.C. Filippini and C.T.Meyer, "Effect of Frequency on the Growth of Water Trees in Polyethylene", IEEE Trans., Vol. EI-17, No. 6, PP. 554-559(1982)