

이 등 인 (영남대학교)
 이 광 식 (영남대학교)
 최 병 화* (영남대학교대학원)

1. 서 론

유기절연재료의 대부분은 그 표면이 습윤, 오손되어진 경우에 누설전류가 흘러 국부적으로 형성되는 건조대에서의 방전의 발생에 의해 부분적으로 탄화열화를 만들어 최종적으로는 Tracking파괴로 이른다. 일반적으로 습윤 및 오손조건하에서의 Tracking파괴에 이르는 과정은 "절연재료의 습윤과 오손 → 표면누설전류에 의한 전해액의 증발과 분단(건조대 형성) → 건조대에서의 방전의 개시 → 탄화도전로의 형성 → 탄화로의 진전 → Tracking파괴"로 된다.

- 1) . 적화개시후 건조대에서의 방전개시까지의 적하수
- 2) . 방전개시후 탄화^개시까지의 적하수
- 3) . 탄화개시후 탄화로의 진전과정의 3개의 과정으로 구성되고 있다.

유기절연재료의 Tracking파괴에 있어서는 건조대 형성과정과 건조대의 형성후 건조대에서의 방전의 발생상태의 전해액과 인가전압에 의한 변화가 있다. 이 건조대의 형성과정의 전해액과 인가전압에 의한 변화가 그 후 방전의 발생상태, 최종적으로는 Tracking파괴에 영향을 미치지만 전해액과 인가전압에 의한 건조대형성과정에 관한 연구는 매우 적으며 아직 그 과정이 명확하게 설명되어지지 않고 있다. 이때문에 건조대의 형성과정을 상세하게 구명하는것은 중요한 문제라고 생각된다.

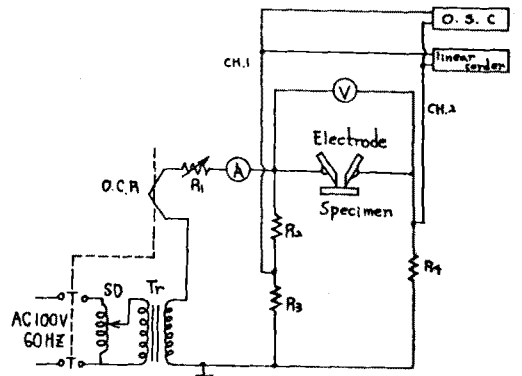
본 연구에서는 Tracking파괴 시험에 있어서 주로 방전개시과정, 탄화개시과정과 건조대형성에 관한 전해액 및 인가전압에 의한 영향을 명백하게 할 목적으로 IEC.Pub.112 내 Tracking성 시험법을 이용하여 상세하게 고찰하고자 한다. 본 연구의 주요고찰사항은 다음과 같다.

- 1) . 방전개시 적하수
- 2) . 건조대 형성위치와 건조대형성에 있어서 전해액 및 인가전압의 영향
- 3) . 탄화개시 적하수
- 4) . 착화개시 적하수
- 5) . 최대침식깊이
- 6) . 적하수와 tr.tv 관계 (Ur.Uv)

2. 실험장치와 방법

2-1. 실험장치

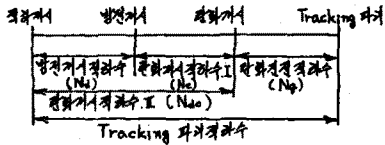
본 연구에 이용한 전원회로는 그림(1)에 나타내었으며 Tracking파괴는 0.5(A)의 전류가 2초간 이상 지속적으로 흐르는 경우로 판정하였다. 전극간에 적하하는 전해액은 0.1, 0.2, 0.3wt% NH₄Cl, 0.1, 0.2, 0.3wt% NaCl, 0.1, 0.2, 0.3wt% H₂SO₄이며 1적의 적하량은 약 20mm이며 30초마다 1적씩 시료표면상 40mm의 높이에서 적하한다. 전해액을 통해서 흐르는 누설전류 및 그때의 전압치의 변화는 Linearorder (浪迎測器株式会社 WA3101)을 사용하여 측정하였다.



그림(1) 전원회로

2-2. 실험방법

전해액 적하게시후 Tracking 파괴에 이르기까지의 적각수는 그림(2)와 같이 분류한다.



그림(2) Tracking 파괴까지의 각적각수 규정 방전개시적각수(Nd), 환화개시적각수II(NcII) 및 착화(着火)개시적각수(Ne)는 O.S.C. 상의 전류파형과 시각적확인으로 판정하였으며, 150적 실험후 각시료의 최대침식깊이는 dial gauge(측정범위:0.01-10mm)로서 측정하였다. 건조대 형성에 요하는 시간ts는 다음과 같이 분류한다.

1. 온도 상승 시간tr: 전해액의 적각후 누설전류가 최대로 되기까지의 시간.
2. 증발 시간tv: 누설전류가 최대로 된후 거의 0까지 감소하는데 소요되는 시간.

따라서 건조대 형성에 요하는 시간ts는 $ts=tr+tv$ 로 나타내었다.

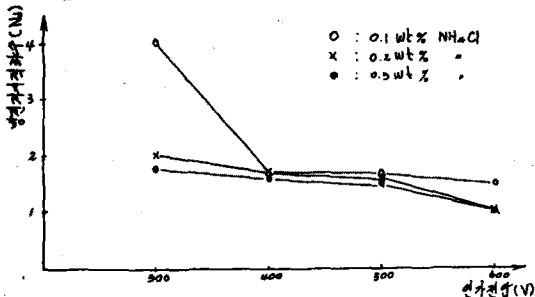
2-3. 시료

본 연구에 사용한 시료는 PVC(삼양화학(주) 제품)이며 크기는 $3 \times 3 \text{cm}^2$, 두께는 3mm이다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1. 방전개시 적각수(Nd)

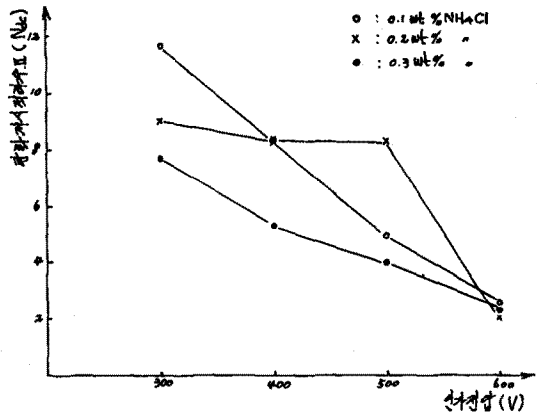
그림(3)은 전해액 NH_4Cl 의 경우 방전개시적각수(Nd)를 측정한 결과이며 전해액의 농도와 인가전압 상승에 따라 저하하는 전압가속(電圧加速)이 나타난다.



그림(3) 방전개시 적각수와 인가전압의 관계

3-2. 환화개시 적각수 II(NcII)

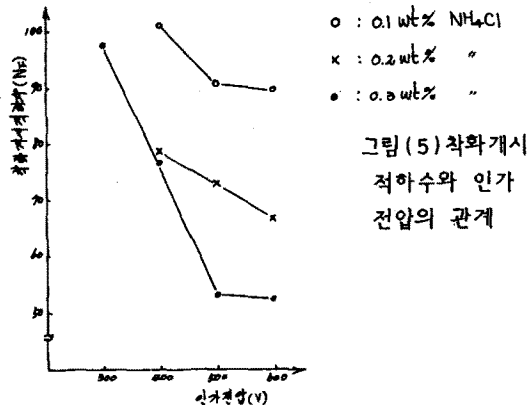
전해액 NH_4Cl 의 경우에 있어서 환화개시적각수II(NcII=Nd+Nc)를 측정한 결과를 그림(4)에 나타내었으며 전체적으로 인가전압이 상승함에 따라 감소한다.



그림(4) 환화개시 적각수와 인가전압의 관계
3-3. 건조대 형성 과정에 있어서 인가전압의 영향
인가전압이 낮은 경우(400V이하)에는 건조대의 형성과정은 완만하게 진행되며, 건조대는 전극간 중앙부에 비교해 전극부근에서 형성되며, 인가전압이 높을 경우(400V이상)에는 전극중앙부에서 건조대가 형성되어진다.

3-4. 착화개시 적각수(Ne)

환화가 개시한 후 적각수가 증가함에 따라 환화가 진전되는 도중에 계속적으로 발생하는 미소발광 방전 및 arc 방전으로 유리(遊離)탄소가 증가하여 착화가 일어나게 되며 NH_4Cl 의 경우(그림5) 인가전압의 증가에 따라 전체적으로 Ne는 감소한다.



그림(5) 착화개시 적각수와 인가전압의 관계

3-5. 적각수와 tr, tv 관계

누설전류는 건조대 형성 과정에 있어서 시간과함께 변화하는데(그림6), tr과 tv의 2개의 과정으로 분류하였으며 그림에서 전해액의 증발에 따른 전류치가 저하하는 이유로서 전해액의 증발에 의해 체적이 감소하며, 단면적이 저하하기 때문으로 생각된다.

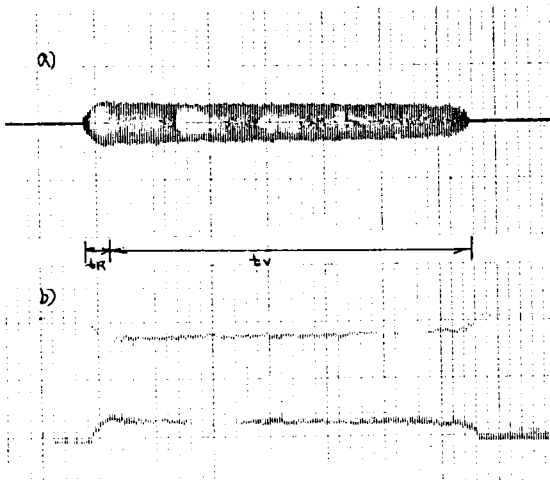


그림 (6) 건조대 형성과정에 있어서 전류-전압의 피크치

- a) 전류 : 0.5A/div, 25mm/sec
 - b) 전압 : 500v/div, 25mm/sec
- 0.1wt% NH₄Cl, 400v, (1적)

또한 적하수 증가에 따른 t_r, t_v 의 변화를 알기 위해 적하수가 10적씩 상승할때마다 측정하였는데 그 결과를 종합하면 적하수가 증가함에 따라 일반적으로 t_r, t_v 는 증가후 감소하며, 인가전압이 낮은 경우 (400V 이하)가 인가전압이 높은 경우 (400V 이상)보다 t_r, t_v 가 크다는 것을 알았다.

t_r 과 t_v 는 건조대 형성에 요하는 에너지 U_s 에 영향을 미치는데 U_s 는 U_r (전해액 온도상승에 요하는 에너지)와 U_v (증발에 요하는 에너지)로 구성된다. 즉 $U_s = U_r + U_v$ 이다.

본 연구의 장치에서 역올은 1로 두며, t_r, t_v 의 시간에서 소비된 에너지는 다음식⁽³⁾으로 구했다.

$$U = \int_0^t |I| \cdot |V| dt \text{ ----- (1)}$$

$|I|, |V|$ 가 주기에 있어서 전류-전압 실효치의 산술 평균치

$$t : t_r, t_v$$

이 식을 이용해서 구한 U_r 과 U_v 는 적하수가 증가함에 따라 t_r, t_v 와 마찬가지로 증가후 감소하며 인가전압이 낮은 경우가 인가전압이 높은 경우보다 크다는 것을 알 수 있었다. (O.H.P 참조)

4. 결 론

본 연구에서는 IEC Pub 112내 Tracking성

시험법을 이용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

전해액 NH₄Cl의 경우에 방전개시 적하수 (Nd), 탄화개시 적하수 Π (Ndc) 및 착화개시 착화수 (NF)는 전압이 상승함에 따라 감소하는 전압가속을 나타내었으며, 전해액 농도의 증가에 대해서도 같은 현상을 나타내었다. 건조대의 발생장소는 인가전압이 낮은 경우 (400V 이하)에서는 전극근방에 형성되며, 인가전압이 높을 경우 (400V 이상)에서는 전극중앙에 형성되어졌다. 또 본 연구에서는 건조대의 형성과정을 t_r 과 t_v 로 나누어 전해액 적하수의 증가에 따른 t_r, t_v 의 시간변화와 그때의 U_r 과 U_v 를 측정하였는데 이들 모두는 증가후 감소하며 인가전압이 높을 경우가 인가전압이 낮은 경우보다도 적은 값을 가진다. 이들을 조합하면 건조대 형성과정은 인가전압과 식(1)에 의해 구하여진 에너지 값에 따라 다르게 되어 졌다.

이상과 같은 결론에서 얻은 Tracking 파괴의 주요 요소인 건조대 형성, 방전개시, 탄화개시에 대한 전해액과 인가전압의 영향은 Tracking 파괴를 연구하는데 중요한 자료가 되리라 보고 본다.

(NaCl과 H₂SO₄의 경우는 O.H.P참조)

5. 참고문헌

- (1). IEC; "Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulating materials under moist conditions", IEC. Pub. 112, (1979).
- (2). IEC; "Recommended method for determining the comparative tracking index of solid insulating materials under moist conditions", IEC. Pub. 112(1971)
- (3). 西田眞, 志村昇, 能登文敏, "有機絶縁材料表面のトラッキング破壊における乾燥帯の形成過程", 電気学会論文誌. A, P. 573~600, 昭58-A72.
- (4). 西田眞, 志村昇, 能登文敏, "有機絶縁材料のトラッキング破壊における炭化開始過程 (IEC 112法)", 電気学会論文誌. A, P. 429~436, 昭56-A54.
- (5). 西田眞, 志村昇, 能登文敏, "トラッキング破壊における微小放電の分光特性と炭化進展過程", 電気学会論文誌. A, P. 195~202, 昭57-A26
- (6). 中村修平, 兼田博利, 井井二郎, 沢五郎, "Al(OH)₃, 오X₂ Al₂O₃를添加した ポリ塩化ビニルの 耐トラッキング性", 電気学会論文誌. A, P. 323~330, 昭58-A41
- (7). 電気学会, "放電ハットアップ", 日本電気学会, 昭57-9, P. 448-452.
- (8). 電気学会, "誘電体現象論", 日本電気学会, 昭52-4, P. 225-238.
- (9). 丁性桂, 李徳武, "高电压工学", 文選堂, 1981, P. 129-130.