

유기절연 재료에 있어서 IR Sensor를 이용한  
Tracking 열화기구의 연구

\* 이 동영 한 민구  
서울대학교 전기공학과

Measurement of the Tracking Deterioration Process in Organic  
Insulating Materials with

\* Dong Young Yi, Min Ku Han.

Abstracts

It has been reported that the formation of conductive carbon path is mainly affected by scintillation. In this paper, mechanisms of tracking deterioration are reviewed by counting light pulse with IR photodiode. The influence of applied voltage and molecular composition of materials in the tracking breakdown is also reviewed by the Number of Pulse curve.

1. 서 론

유기절연 재료표면상에서 부분적 전위차에 의한 방전때문에 탄화도전도가 생겨 절연성을 잃는 것을 tracking절연파괴라 한다. 많은 종류의 유기절연재료가 케이블이나 기계장치, 야외선로등에 사용되고 있으며 이들은 열악한 환경에서 사용되고 있으므로 오염물 (주로 습기와 ionic conductor)에 의한 tracking 열화가 심각한 문제가 되고있다. 방전의 종류와 탄화열화와의 관계에 대한 많은 연구 결과 미소발광방전(scintillation)이 절연재료 표면에 열분해를 일으켜 탄화도전도를 형성시킴으로써 결국 절연파괴에 이르게 함을 알게 되었다. 최근에는 자외선, 적외선, 가시광선센서를 이용하여 미소발광방전을 다른 방전으로 부터 분리해냄으로써 tracking 열화기구에 대한 검토를 행한 연구결과가 보고 되었다.

본 연구에서는 IR(자외선) sensor를 이용하여 광펄스 발생수와 그 시간변화를 조사하여 tracking 열화와 각 절연재료의 종류와의 관계를 규명하고 인가전압변화의 영향을 조사하여 tracking 열화기구를 검토하고자 한다.

2. 이 론

유기절연재료의 tracking 절연파괴과정은 대개 다음과 같다.

- 1) 절연재료 표면의 오염
- 2) 방전시작
- 3) 탄소형성 시작 - 미소발광방전시작
- 4) 미소발광방전이 간헐적으로 일어남 - 탄소형성이 계속됨
- 5) 탄화도전도 형성시작 - 연속적인 미소발광방전
- 6) tracking 절연파괴

위 과정 중에 발생하는 방전은 아-크, 코로나, 미소발광방전등이다. 이중 아-크 방전은 전극간에 발생하는 것으로 문제가 되지 않으며 탄화개시전에 일어나는 코로나 방전의 발광스펙트라는 공기중의 질소와 산소의 스펙트라 즉 공기절연파괴에 의한 것이다.

한편 미소발광방전의 스펙트라는 CN대 및 넓은 영역에 걸쳐 연속 스펙트라를 가지며 이는 니크롬선과 탄소봉등과 같이 고온물체의 강한 열방사에 의해 발생하는 것으로 아주 강한 열방사를 생기게 함이 알려져 있다.

따라서 미소발광방전이 강한 열원으로 되어 유기절연재료의 열분해를 일으켜 탄화물을 형성하고 탄화도전도의 성장을 촉진시켜 결국 tracking 절연파괴에 이르게 한다. 그러므로 IR photodiode를 사용하여 광펄스 발생수의 시간변화를 조사하면 미소발광방전과 tracking 열화기구의 관계를 보다 쉽게 규명할 수 있을 것이다.

3. 실험장치, 시험방법 및 시료

3.1 시 료

사용된 시료는 PC (poly carbonate), PVC (polyvinyl chloride)이고 그 크기는 50x120[mm] 이고 두께는 약 5[mm]이다. 또한 이 시료들은 에탄올로 닦아 데시케이터에서 24시간 이상 건조시킨 후 사용했다.

3.2 실험장치

본 연구에서 사용한 시험법은 보다 열악한 조건하에서 옥외고전압용으로 사용되는 절연재료의 tracking시험에 주로사용되는 IEC 587 시험법이다. 인가전압은 1-5 [KV] 범위이고 주파수는 상용주파수(60HZ)이다. 전극은 약 0.5[mm] 두께의 스테인레스를 사용하였다. 오염액으로 사용한 수용액은 DI water에 NH<sub>4</sub>Cl 0.1 ± 0.002wt%, TRITON X-100 0.02 ± 0.002wt% 를 첨가한 것이다.

그림 1은 IEC 587 시험법의 회로 구성이고 표 1은 각 전압에 대한 직렬 저항값과 오염액을 흘려주는 속도를 표시하고 있다.

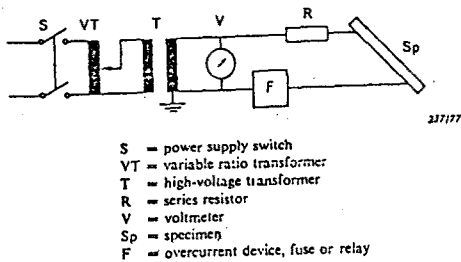


그림 1. 시험 회로

시험전압(KV)	오염액 유입속도 (ml/min)	직렬저항값(KΩ)
1.00-1.75	0.075	1
2.00-2.75	0.15	10
3.00-3.75	0.30	22
4.00-5.00	0.60	33

표 1. 시험전압, 오염액 유량, 직렬저항값의 관계

3.3 광펄스 수의 측정방법

실험에서 사용된 sensor는 spectral sensitivity 가 700-1100[nm] 정도인 Silicon Photo Diode이다. 또 방전시발생하는 noise의 혼입을 방지하기 위해 광 fiber를 사용하였다. 즉, 시료표면상의 미소발광방전을 fiber를 통해 SPD에 조사 되도록 하였다. XYZ-Adjustor를 사용하여 광 fiber와 SPD를 연결하여 SPD에 조사되는 빛의 세기가 최대치가 되도록 하였다.

광펄스수를 세기 위해 SPD의 출력을 증폭회로와 미분회로를 통해 counter에 인가하였다. 이때 사용된 counter는 IWATSU US-8151 Universal Counter이다.

그림 2는 사용된 SPD의 Spectral Sensitivity를 나타낸 것이고 그림 3은 시료와 전극, 광 fiber의 배치를 나타낸 것이다. 그림 4는 Al로 제작한 XYZ-Adjustor이다.

4.4 결과 및 검토

그림 5는 2.5[KV] AC 전압을 전극에 인가 했을때 PC의 광펄스 발생수의 시간변화를 기록한 것이다. 그림 6은 PC와 PVC의 전압변화에 따른 절연파괴까지의 전체시간을 비교하고 있다. 그림 7은 PC의 각 영역별 소요시간과 절연파괴까지의 전체시간을 나타낸 것이다.

그림 5를 보면 두점 (A, B)에서 기울기가 급격하게 변함을 볼 수 있다. A점이 탄화물이 형성되어 미소발광방전이 시작되는 점이고 B점이 탄화도전로가 형성되기 시작하는 점이다. 이때 A점까지가 영역 I이고 A점에서 B점까지가 영역 II이며, B점에서 절연파괴까지가 영역 III이다.

PC가 PVC에 비해 tracking 저항이 큼 (절연파괴까지의 시간이 오래걸림)을 알 수 있고 저전압에서 그 차이가 더 큰것을 보여주고 있다. PC가 PVC에 비해 tracking 저항이 큰 것은 PVC가 원자간 결합력이 약하기 때문이라 생각된다.

구리전극을 사용하면 tracking 저항이 더욱 적아지는데 이는 구리가 스테인레스강에 비해 화학적으로 활성이 강하기 때문이라 생각된다. 구리전극의 경우는 실험이 진행중이므로 자세한 결과가 나오면 확증하여 보고할 예정이다.

앞으로 각 시료의 분자구조와 tracking열화의 관계를 분명히 규명할 필요가 있으며 전원전압 주파수 변화의 영향

도 조사해 보면 매우 흥미있는 결과를 얻을 수 있으리라 생각된다.

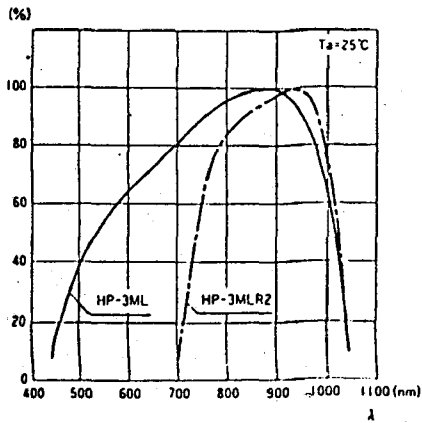
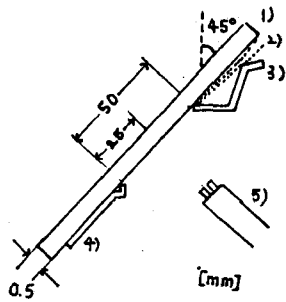


그림 2. Spectral sensitivity.



- 1) Sample
- 2) filter paper
- 3), 4) electrode
- 5) Optical fiber

그림 3. 시료와 전극, Optical fiber의 배치

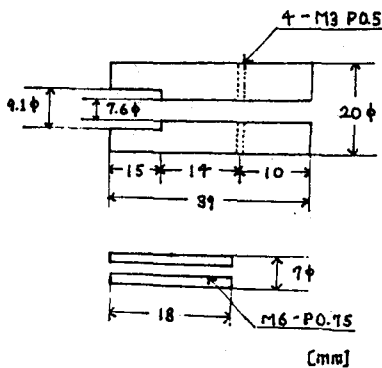


그림 4. XYZ-Adjustor

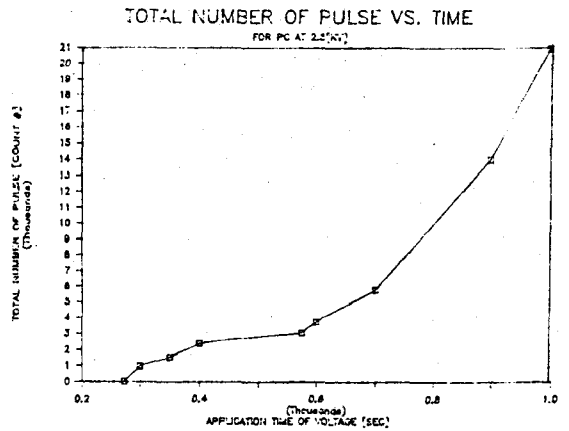


그림 5. 광펄스 발생수의 시간변화 (PC)

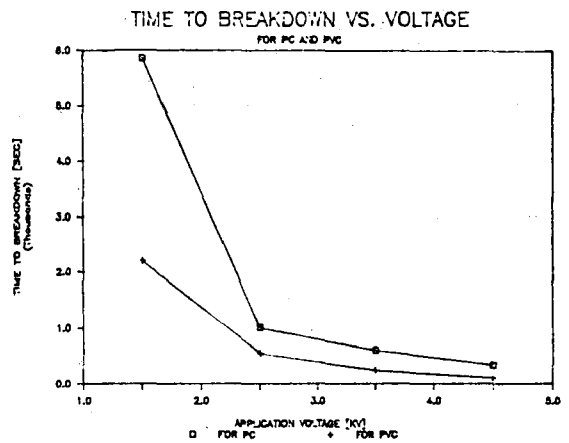


그림 6. 전압변화에 따른 절연파괴시간 (PC, PVC)

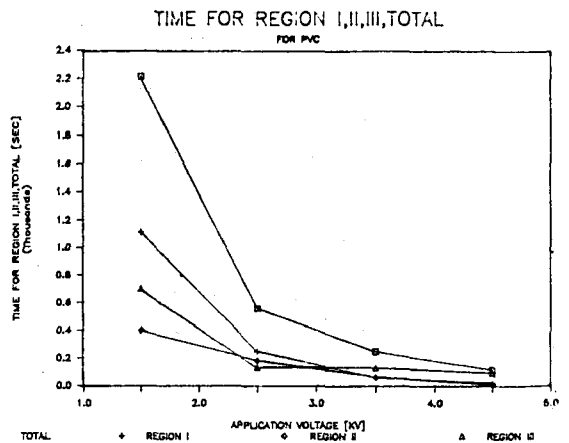


그림 7. 전압변화에 따른 각영역별 소요시간 (PC)

참 고 문 헌

1. IEC Pub 587, 1st. ed., 1977
2. N.Yoshimura, M.Nishida and F.Noto. "Light Emission form Tracking Discharges on Organic Insulation", IEEE Trans. Electr. Insul., Vo.EI-19, pp.149-155, 1984.
3. T.Tan ka, K.Naito and J.Kitagawa, "A Basic Study on Outdoor Insulators of Organic Materials", IEEE Trans. Electr, Insul., Vol.EI-13, pp.184-193, 1978
4. K.Stimper, W.H.Middendorf, "Mechanisms of Deterioration of Electrical Insulation Surfaces", IEEE Trans, Electr, Insul., Vol.EI-19, pp.314-320
5. N.Yoshimura, M.Nishida and F.Noto. "Influence of the Electrolyte on Tracking Breakdown of Organic Insulation Materials", IEEE Trans, Electr, Insul., Vol.EI-16, pp.510-520, 1981.
6. M.Nishida, N.Yoshimura, and F.Noto. "Light Sensors As Detectors OF Tracking Deterioration", IEEE Trans. Electr, Insul.Vol.EI-22, pp.507-516, 1987.
7. N.Yoshimura, M.Nishida, F.Noto, "Light Emission Characteristics of Discharge Associated with Tracking Deterioration of Organic insulating materials", IEEE, JPN, Vol. 105, pp.373-380, 1985.
8. M.J.Billings, A.Smith and R.Wilkins, "Tracking in Polymeric Insulation", IEEE Trans. Electr, Insul, Vol. EI-2, pp.131-137, 1967.