

IEC-60587의 새로운 열화진단 The New Aging Diagnosis in IEC-60587

임 장 섭*, 정 승 천**, 천 종 철**, 박 계 춘, 이 진**
Lim Jang-Seob, Jeong Seung-Chun, Chen Jong-Cheol, Lee Jin

* : 목포해양대학교 전자통신공학부
** : 목포대학교 제어계측공학부

Abstract

The conventional tracking testing as IEC-60587 is widely used in surface aging measurement of outside insulator because those testing can carry out very short time in Lab testing. Also IEC-60587 testing is able to offer the standard judgement of relative degradation level of outside HV machine.

Therefore it is very useful method compare to previous conventional tracking testing method and effective Lab testing method. But surface discharges(SD) have very complex characteristics of discharge pattern so it is required estimation research to development of precise analysis method. In recent, the study of IIR-camera is carrying out discover of temperature of power equipment through condition diagnosis and system development of degradation diagnosis.

In this study, SD occurred from IEC-60587 is measured with partial temperature distribution in real time, the degradation grade of SD is analyzed through produced patterns in IEC-60587 according to applied time.

I. 서론

전력계통에서 옥외용 절연재료는 장기간 사용되고 열악한 환경에 노출되어 있다. 특히 현장의 각종 오염환경에 따라서 수명 및 열화인자가 복잡하게 변화된다. 또한 장기간의 신뢰성 평가 및 국산화로 인한 기술적 수준을 객관적으로 표현할 수 있는 방법 및 측정기술의 개발이 요구된다.

표면열화의 현상인 트래킹 파괴는 절연물을 열악한 환경에서 표면이 오염되면 오염물의 전도성에 따라 누설전류가 흐르고 누설전류에 의한 Joule열이 발생하여, 건조점, 건조대 및 분담점이 형성되어 미소발광방전(Scintillation discharge)이 발생하여 재료 표면이 국부적으로 탄화되어 Track이 급격히 진행되어, 최종적으로 절연파괴에 도달하는 현

상을 말한다.

시제품 제작단계에서 절연체의 내트래킹성을 측정하기 위한 규정된 평판 시편에 대한 방법으로 제안되고 있으나, 아직까지 만족할 만한 단계에 이르지 못하였다.

본 연구에서는 PMMA 재질을 이용하여 IEC-60587법에서의 발생 및 진행 과정을 분석하고, 특히 적외선방사카메라의 표면열 측정에 의한 트래킹 열화과정을 비교분석 및 각종가속실험 전후의 특성을 판단하고자 한다.

II. 트래킹 열화진단의 문제점

트래킹 파괴의 원인인 표면의 오손에는 먼지, 습기, 유분 및 강우 등 여러 가지 원인이 발표되고 있다. 특히 주된 2대 요인으로 염해로 인한 원인과 산성비의 영향이 심각하게

대두되고 있다.

트래킹 현상을 연구하는 시험법으로 IEC 법, ASTM법, DIN법 및 Dust & Fog법 등 20여 종류의 시험법이 제안되어 있으나 결정적이라고 말할 방법은 없다. 특히 트래킹 파괴 양상의 복잡성과 그것을 초래하는 인자의 다양성을 실험실에서 재현하는 것이 곤란하기 때문이다. 또한 이들은 인위적인 가속열화 실험을 통하여 개발된 제품의 품질평가를 하는데 그치고 있고, 그 장치의 가격도 상당한 고가를 치러야만 된다.

시제품 제작단계에서 절연체의 내트래킹성을 측정하기 위한 규정된 평판 시편에 대한 방법으로 제안되고 있는 IEC-60112법과, IEC-60587법은 국내에서도 발표되어 있으나, 제작되어 현장에서 직접 사용되는 애자 등의 내트래킹성 시험을 목적으로 만족할 만한 단계에 이르지 못하였다.

특히 Lab testing의 경우에는 이러한 메카니즘에 관한 명확한 구분이나 실측이 어렵다. 그림 1에 트래킹 발생 과정을 영역별로 구분하고 있는 표시하였다.

Region I Scintillation discharge	Region II Carbonization	Region III Tracking breakdown
--	----------------------------	-------------------------------------

그림 1. 트래킹 파괴의 열화과정 메카니즘

그러나 IEC-60587법의 Lab testing에서는 단순히 트래킹파괴 여부 및 트래킹파괴 시간만을 주된 시험데이터로 취급하고 있다. 또한 영역 I 및 II의 열화진행 시간이 트래킹 파괴까지의 시험시간의 90% 이상을 차지하기 때문에 영역 III의 고찰이 어려운 문제점이 있다.

III. 실험방법

3-1. 적외선방사카메라

본 연구에서는 Lab testing 시 문제시되는 중간단계의 트래킹 진행을 효과적으로 관측하기 위하여 표면열 측정이 가능한 Avio사의 적외선 방사카메라를 IEC-60587법으로 트래킹 시험을 수행하면서 시표표면의 온도 분포의 변화를 관찰하였다. IEC-60587법은 시료가 45도 경사진 원인으로 인하여 측정된 온도는 증발열의 영향을 받게됨으로 오차의 범위는 다소 존재하게 된다.

3-2. IEC-60587법

실험에 사용한 시험장치는 국제전기기술위원회(IEC)가 규정한 IEC-60587법(오손액경사평판시험법)으로서, 그 시험법의 개요는 두께 6[mm]내외의 시편을 50[mm]×120[mm] 크기로 절단하여 45°로 경사지게 배치하고, 시료의 양단에 1~6[kV]까지의 전압을 인가한 후, 규정된 오손액과 염수를 분당 0.075~0.90[mℓ]의 양으로 흘려 트래킹파괴에 이르기까지의 시간과 특성을 측정하여 내트래킹성을 시험하는 방법이다.

상부 및 하부전극은 두께 0.5[mm]의 스텐레스강판을 사용하여 제작하였다. 시험액의 유량을 일정하게 유지하기 위해 상부전극과 시료 사이에 엠보싱지 (Filter paper, ADVANTEC, No.2.)를 삽입시켰다. 오손액과 염수를 공급하는 장치로서 튜브펌프를 제작하여 분당 0.6[mℓ]을 시험장치의 상부전극으로 공급하였다. 실험에서의 내트래킹성 시험방법은 시료의 양단에 3.3[kV]의 전압을 인가하였다.

IV. 결과 및 고찰

4-1. PMMA에서의 표면열화

트래킹파괴의 시각적 예비실험을 위하여 비교적 Track과 표면방전이 고찰하기 쉬운

PMMA로 수행하여, 폴리머에서의 3가지 열화단계를 다음과 같이 구분하고자 하였다.

전술하였던 영역 1,2 및 3은 다음과 같은 단계로 설명할 수 있다.

영역 1] 초음파방사 등을 수반하는 열적열화에 의한 규칙적인 표면침식의 경우, 전자의 트랩이나 이온의 이론적 고찰보다는 표면침식에 유도하는 국부적인 표면고전계로 인한 열적 열화.

영역 2] 열적 열화로 인한 폴리머 표면에 형성되는 마이크로크랙(Micro-cracks)이 원인이 되어 표면방전은 집중된다. 방전의 집중으로 인하여 형성되는 표면의 크랙은 다시 방전의 집중을 일으키고 때때로 피트에서의 탄화가 유도된다.

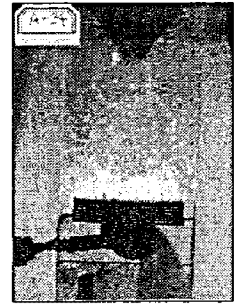
영역 3] 피트 끝부분에서의 스트레스는 일부분의 마이크론의 국부적인 진성절연과피 스트레스까지 상승된다고 믿어진다. 이때의 마이크론 사이의 일정거리에서 절연과피가 일어난 후에 유전체 표면의 새로운 팁(Tip)과 좁은채널로 빠르게 이동하여 새로운 전계집중을 일으킨다. 이러한 채널은 폴리머에서 쉽게 고찰된다.

상기의 SD를 명확히 구분하는 것은 대단히 어렵다. 그 이유는 IEC-60587법이 연속적으로 오손액을 공급하기 때문에 건조대 드이 형성이 불규칙한 지점에서 반복되기 때문이다. 따라서 카메라의 연속촬영을 이용하여 관측한 결과는 사진 1과 같다.

사진에서의 SD는 약 15초간의 연속촬영을 통하여 SD의 발생을 관측하였다. 사진의 결과에서도 명확한 차이를 발견하기가 어렵다. 그러나 상부전극에서의 국부적인 크랙의 발생과 같은 미세한 차이가 고찰된다. 특히 사진 1의(c)는 파괴 1분전의 상태이다.



(a) 열화초기



(b) 열화중기



(c) 열화말기

사진 1. 트래킹 열화의 3단계별 형성

처음의 두단계, 즉 사진 1의 (a) 및 (b)에서의 표면침식과 국부적인 크랙은 절연과피까지의 수명의 대부분을 차지한다. 특히 스트레스와 폴리머의 내트래킹성에 의하여 많은 의존성을 갖고 있다. 경제적인 교체시점을 결정하는 것이 어려운 이유 중에 하나가 3단계의 극히 위험한 열화과정은 극히 짧은 시간내에 진행된다는 점이다.

트래킹 파괴는 재료의 특성과, 시험전압, 오손액의 종류 및 시간의 경과에 따라 Track의 진전 특성이 변하였다. 그러나 트래킹 파괴 과정은 시간 경과상의 차이는 있으나 공통점을 갖고 있어 트래킹 파괴 과정을 영역별로 고찰하면 초기 미소 발광 방전이 발생하는 영역 I과 반복된 방전에 의해 국부적인 Track이 형성되어 가는 영역 II와 Track이 완전 형성되어 파괴에 이르는 영역 III으로 구분 하였다.

사진 1은 트래킹 파괴 과정을 단계별로 다

음과 같이 요약된다.

- 시료양단에 전압을 인가하여 오손액을 분무한 후 미소 발광 방전이 발생하는 과정(영역 I)이다.
- 반복된 방전에 의해 탄화점이 형성되어 가는 과정(영역 II)이다.
- Track이 접지 전극으로부터 전원 전극으로 진행되어 가는 과정(영역 II)이다.
- Track이 전원 전극에 도달되는 과정(영역 II)이다.
- 전극간의 단락에 의해 강한 화염이 발생하면서 트래킹 파괴가 일어나는 순간(영역 III)이다.

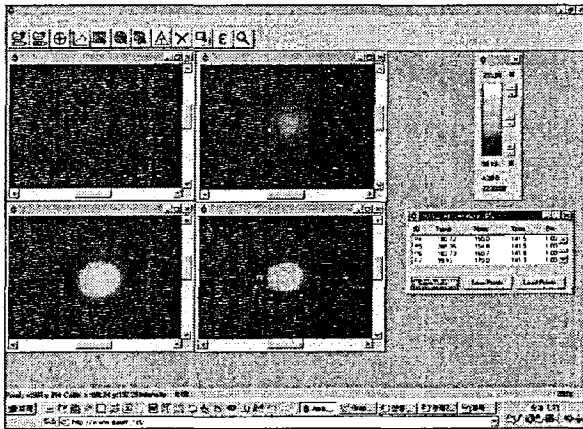
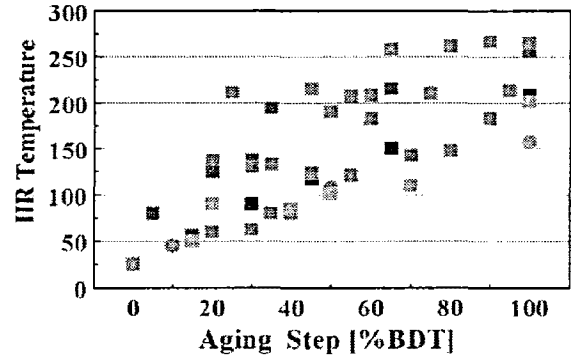


그림 2. 적외선 방사카메라의 관측화면

그림 2는 적외선방사카메라에서 관측된 4개의 파일을 표현한 것이다. 왼쪽의 상단은 실험개시 후 건조대형성을 시작하는 부분에서의 열분석이고, 각각의 진행된 상태에서의 열의 진행이 표면의 온도를 증대시킴을 알 수 있다. 이것은 기존의 IEC-60587법이 단순히 파괴여부나 파괴시간 트래성장 길이만을 고찰하지만 트래킹을보다 효과적으로 고찰할 수 있는 열적 분석 및 고찰이 가능하고, 영역의 구분을 보다 효과적으로 수행할 수 있다는 결과이다. 상기의 반복적인 실험에서 얻어진 온도분포를 그림 3에 표현하였다. 동일한 조건임에도 트래킹 파괴의 시간이 편차

를 가지고 있으므로 X축을 파괴시간에 퍼센트로 표현하였다. 열화단계의 진행에 따라서 IIR 온도의 진행은 선형적으로 발전함을 확인할 수 있으며, PMMA의 경우에는 극히 단시간의 영역 3을 고찰하고 있지만, 표면 온도의 분포는 상당히 점진적으로 선형적 진행을 하고 있다.



V. 결론

상기의 연구를 통한 적외선 방사카메라의 응용 가능성은 다음과 같다.

- 1> 트래킹열화는 표면온도고찰을 통하여 단계별 진전특성을 확인할 수 있다.
- 2> 크랙의 급진적 진행에 대한 사전적인 예측 및 감지가 가능하다.
- 3> 해석이 어려운 트래킹 누설전류와의 조합을 이용한 새로운 평가가 기대된다.

상기의 IIR 분석과 트래킹 누설전류에 관한 복합적인 연구를 통하여, 세라믹 애자와 같은 기존의 불분명한 급진적인 트래킹 파괴에 관한 연구가 요구되고 접근이 기대된다.

<REFERENCE>

- 1> 김찬형, "표면방전을 이용한 자기제 현수 애자의 표면특성 평가", 99전기전자재료학회 추계학술회의, pp199-202, 1999.
- 2> 임장섭, "표면방전을 이용한 배전용 EPDM 애자의 절연성 평가", 1999영호남학술회의.1999.