

산불 열충격에 의한 자기애자의 계면열화 특성

한세원*, 최인혁**, 이동일**

한국전기연구원 재료응용연구단*, 전력연구원 송전연구그룹**

Ageing Characteristics of Porcelain Interface by Forest Fire Thermal Shock

Se-Won Han*, In-Hyuk Choi** and Dong-il Lee**

KERI Advanced Materials Application Research Lab., KEPRI Transmission Line Research Group**

Abstract : 송전용 자기 애자에 대하여 산불화염 특성과 송전선로의 환경 검토를 토대로 송전용 절연물에 대한 산불화염 열화특성을 1)내열충격 열화와 2)열충격 사이클 열화로 나누어 가속시킨 후 절연물의 성능을 시험 평가하였다. 또한 송전용 자기애자(254mm, 36,000lbs)를 대상으로 실제 산불열화 조건을 근간으로 기계적, 열적 환경을 고려한 자기애자의 수축, 팽창 변위에 따른 계면의 응력거동을 열충격 및 내열충격 시험의 결과와 비교 분석하였다.

Key Words : 산불 열충격, 송전용 자기애자, 계면열화, 과전파괴하중

1. 서 론

산불이 송전용 절연물에 영향을 미치는 변수는 앞장에서 언급한 내용을 보면 무수히 많다. 따라서 산불영향을 받는 송전설비의 특성, 즉 송전용 절연물인 자기애자의 열화특성을 분석하여 산불 환경에서 열화, 고장, 파손 등으로 이어지는 과정을 적절히 모델링하는 것이 중요하다. 산불시 화염 온도에 의해 영향을 받는 자기애자의 요소는 절연부인 자기, 접합부인 시멘트, 지지부인 금구 그리고 표면부인 유약으로 서로 다른 재료의 복합구성으로 이루어져 있기 때문에 무엇보다도 열충격에 의한 계면간의 스트레스 작용이 열화와 고장으로 이어지는 메카니즘으로 작용한다.

- 국내 산림조건(높이, 연료형태)을 검토하여 간단히 화염온도를 계산한 결과는 다음과 같다. 국내산림과 송전탑 지상고를 고려하여 2-6미터의 지면 이격거리를 유지하는 경우 200-800℃ 범위의 온도에 노출될 가능성을 보여준다.
- 최대 화염온도에 이르는 시간(rising time)은 약 60sec, 약화되는 시간(falling time)은 약 300sec 정도 그리고 화염온도의 유지시간은 60-200sec를 고려하는 것이 바람직하다.
- 산불 화염의 온도분포 특성을 분석하면 100-300℃의 프로필을 가지는 것으로 나타났다.
- 대규모 산불에서 복사열이 활성화되는 경우 800℃이상에서 수십분 이상 열기에 노출될

가능성도 있다.

2. 실험

2.1 실험장치

산불화염 특성과 송전선로의 환경 검토를 토대로 송전용 절연물에 대한 산불화염 열화특성을 1)내열충격 열화, 2)열충격 사이클 열화로 나누어 가속 열화시킨 후 절연물의 성능을 시험 평가하였다.(그림 1)

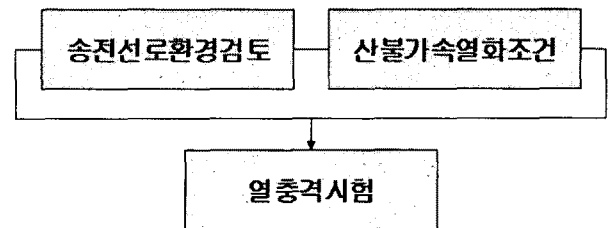


그림 1. 산불 열충격 시험 알고리즘.

2.2 열충격 사이클

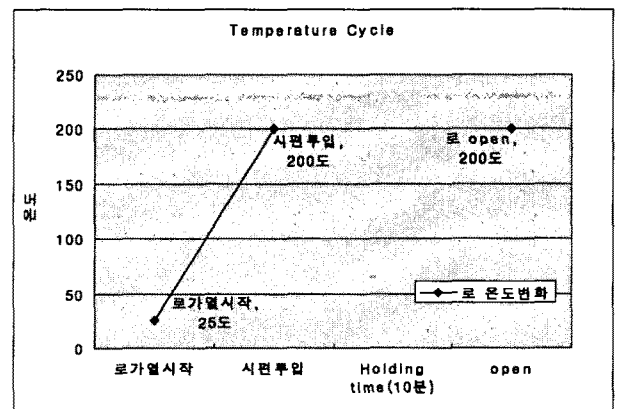


그림 2. 산불 열충격 시험 사이클

3. 결과 및 고찰

과전파괴하중시험에 요구되는 시험 조건은 상용 주파 건조섬락 전압치의 75% 이상의 전압을 인가한 상태에서 인장 하중을 가한다. 하중은 0에서 75%까지는 급속히 상승한 후 25% 하중은 15~45초 이내에 과전파괴 하중치에 도달하도록 시험을 실시한다. 파괴(puncture)가 일어날 때까지 전압을 상승시킨 값을 기록하여 기준치와 비교한다. 하중 상승율에서 15초 동안 상승 시 규정 하중치의 분당 100%, 45초 동안 상승 시 분당 35% 가 되도록 시험을 실시한다. 표 1은 실험의 결과를 정리한 것이다. 과전파괴하중시험 기준치는 16,500kgf로 실험 결과에서 보듯이 시료 모두 기준치보다 약30% 이상의 내구성을 갖는 것으로 나타났다. 이 실험은 자기의 내전압 특성보다 기계적 접착 강도를 유지하는 계면부(핀/시멘트/자기/캡)의 유기적 내구성을 확인하는데 그 의의가 더 크다. 시험품 모두가 높은 접착 강도를 유지하고 있어 이러한 특성은 양호한 것으로 확인되었다. 일반적으로 과전 주기에 따른 파손확률은 캡, 핀 그리고 자기재의 순서로 발생하게 된다. 열충격 열화 시료의 파손형태는 200℃ 가속열화의 경우 전형적인 핀늘림 과전파괴 현상으로 시멘트와 자기애자의 접착이 유지되지만 300℃ 가속열화의 경우 시멘트와 자기부의 약화로 과전파괴의 양상이 거의 절연부 파손으로 확인되었다. 이것은 산불 열화를 모의하는 내열충격 열화조건에서 300℃ 산불화염 온도에 노출되는 경우 시멘트와 자기부의 약화가 진행되었음을 보여준다.

표 1. 과전파괴하중시험 결과

시료	파괴하중	시료	파괴하중	인가전압	판정기준	결과	판정
#43	22,600 kg.f	#55	21,610 kg.f	건조섬락전압 80 kV의 75 %(80kV) 이상	$Q_0 \geq 3.00$	$Q_0 = 8.67$	양호
#44	22,610 kg.f	#58	22,780 kg.f				
#45	22,770 kg.f	#59	21,200 kg.f				
#53	22,630 kg.f	#60	22,680 kg.f				
#54	22,920 kg.f						

4. 결론

열충격 및 내열충격 시험의 결과와 비교 분석하여 다음과 같이 몇 가지 결론을 얻었다.

- 내열충격 시험에서 내열온도 200℃-10min.-수냉, 300℃(10min or 30 min.)-공냉 가속열화 조건에서는 전량 외관이상이 발생하지 않

았다. 그러나 내열온도 300℃-수냉, 내열온도 600℃-공냉, 600℃-수냉의 가속열화 조건에서는 일부 또는 전부 자기부 및 시멘트 부위의 파단이 발생하였다.

- 송전용 자기애자의 내열충격 시험에서 산불화염 열충격 열화는 약 300℃ 부근을 열화 개시점, 600℃를 성능 한계점으로 보아 자기애자의 열화 특성을 시험 평가하는 것이 적절한 분석되었다.
- 내열충격 가속열화 시험에서 파손양상 분석결과, 200℃ 가속열화의 경우 전형적인 핀늘림 과전파괴 현상으로 시멘트와 자기애자의 접착이 유지되지만 300℃ 가속열화의 경우 시멘트와 자기부의 약화로 과전파괴의 양상이 거의 절연부 파손으로 확인되었다. 이것은 산불 열화를 모의하는 내열충격 열화조건에서 300℃ 산불화염 온도에 노출되는 경우 시멘트와 자기부의 약화가 진행되었음을 보여준다.

감사의 글

본 연구를 지원해준 산자부, 전력연구원, 전력기반기금사업센터에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] "배전용 애자류 품질확보를 위한 경년 시험방법에 관한 연구", 한국전력공사, 전력연구원, 최종보고서, 1996. 2
- [2] "Thermal mechanical performance test and mechanical performance test on string insulator units", IEC 575, 1977.