

산불에 노출된 가공송전선의 기계적 및 전기적 특성 거동 연구

장용호, 김병걸, 김상수, 한세원, 김진한*

한국전기연구원, 경남지방중소기업청*

Mechanical and Electrical Properties Behavior Study of Overhead Conductor due to Forest Fire

Young-Ho Jang, Byung-Geol Kim, Shang-Shu Kim, Se-Won Han, Jin-Han Kim*

KERI, SMBA*

Abstract : Forest Fire can cause a serious damage to overhead conductors. Therefore, the detailed investigation for the changes of mechanical and electrical properties of damaged conductors should be carried out to understand the effect of forest fires on conductors. This is very much important to maintain transmission line safely. Especially, this paper describes the changes of mechanical and electrical properties of flame exposed conductor. The detailed will be given in the text.

Key Words : Mechanical and Electrical properties, Forest Fire, ACSR 410 mm² conductor

1. 서론

우리나라의 송전선로 위치는 국토의 65%에 이르는 산지에 대부분 포설되어 있어, 산불 시 전선이나 애자 등의 부속물이 파손되는 사고가 발생되면 송전선로 운영의 문제점을 유발하여 산업전반에 걸쳐 경제적, 시간적인 엄청난 파급효과를 미치게 될 것이다. 산불 상황에서 가공송전선은 여러 가지 요인에 의해서 기계적, 전기적 특성이 변화되어진다. 그 중 대표적인 것이 화염과의 거리에 따른 전선온도이다. 그러므로 이러한 요인에 의한 가공송전선의 영향을 체계적으로 연구하고 상황에 따라 처리할 수 있는 대책을 수립할 필요가 있다.

하지만 산불에 의한 가공송전선의 기계적 및 전기적 특성 거동은 국내외로 보고되어진 바가 거의 없으며 정확한 기준 또한 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내 산불의 특징을 조사하고, 이를 모의하여 실제 사용되고 있는 가공송전선에 적용하여 가열시간의 경과에 따른 가공송전선의 온도 변화와 전기적·기계적 특성의 변화를 고찰하였다.

2. 실험

인공화염 시험 장치 설비는 가공송전선의 산불발생시 성능을 모의하여 시험하는 설비로서, 인공적으로 화염을 발생시켜 산불 발생 시의 환경조건 즉 온도와 인가시간을 설정하여 가공송전선의 성능을 평가하기 위한 시험설비이다. 인위적인 풍속이나 풍량을 고려하지 않고 자연 연소가 일어나도록 하였다. 가공송전선의 길이는 50cm로 설계하여 화염 주위와 화염으로부터 약 20cm와 50cm 이격을 두고 설치하였다. 기본적으로 인공화염 시험기내에 약 15개의 열전대를 부착하여 온도분포를 측정하였으며, 가공송전선에는 각각 3개의 열전대를 부착하여 전선내의 온도분포를 측정하였다. 가공송전선의 온도

분포는 아연도금강심과 내층알루미늄 도체의 접촉면, 내층과 외층 알루미늄도체의 접촉면, 전선표면부에 열전대를 부착하였다. 열원은 국내 수종 중 가장 많은 자작나무를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 인공화염 시험기의 온도 분포를 나타낸 것이다. 화염으로부터 10cm 간격으로 온도센서를 부착하여 측정하였다. 그림에서 발화가 시작된 후 약 8분이 경과하면 최대열량을 나타내기 시작하였으며, 발화 후 약 10분에서 온도의 최고점을 나타내면서 서서히 감소하기 시작하였다. 또한 최대 열량을 나타내는 온도를 5분 정도 유지하였다. 화염 끝단에서 온도는 약 750℃이며 끝단으로부터 멀어질수록 온도는 점차적으로 감소하였다.

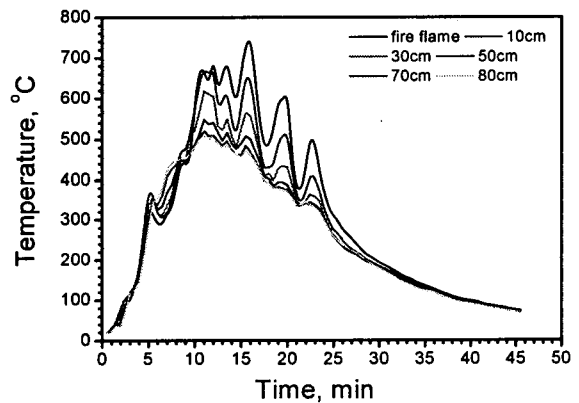


그림 1. 인공화염시험기의 온도분포

그림 1에서 이격거리에 따라 최대온도만을 도출하여 나

타낸 것이 그림 2이다. 전선이 위치하는 이격거리 20cm와 50cm에서의 온도는 약 652℃와 548℃이다.

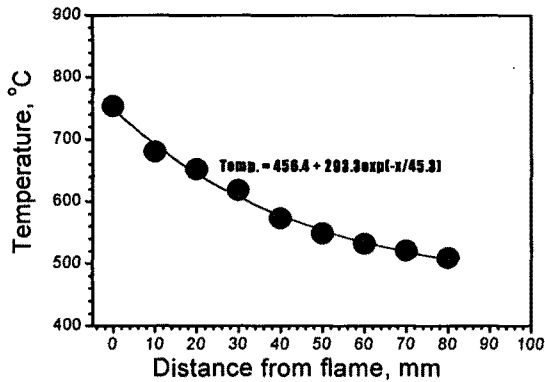


그림 2. 화염으로부터 이격거리에 따른 최대온도

화염으로부터 이격거리에 대한 대기온도 변화의 추정곡선을 나타내면 다음과 같다.

$$Temp.(^{\circ}C) = 456.4 + 293.3 \times e^{-\frac{x}{45.3}}$$

x는 화염으로부터 거리(mm)이다.

이격거리 20cm인 곳에서 대기의 온도는 약 652℃이다. 이때 전선이 나타내는 온도는 표면부에서 414℃이며 아연도금강심/알루미늄 도체는 약 401℃로 전선 내에서 약 13℃의 온도차를 나타내었다. 이격거리 20cm의 동일 지점에서 가공송전선의 온도와 화염열기간의 온도차는 약 240℃를 나타내었다. 50cm 이격거리에서 전선의 온도는 약 288℃~344℃를 나타내고 있으며 대기온도와는 약 200~240℃의 온도차이를 나타내었다.

가공송전선에 대하여 인공화염에 노출 후 인장시험 및 전기전도도 결과를 표 1에 나타냈다.

표 1. 화염에 의한 인장강도 및 전기전도도 변화

조건	인장강도(kgf/mm ²)			전기전도도(%ACS)		
	시도체		Core	시도체		Core
	내 층	외 층		내 층	외 층	
신전선	17.75	16.82	144.8	61.21	61.05	8.33
20cm 이격	7.02	7.2	141.6	60.37	60.74	8.34
50cm 이격	14.7	13.7	143.2	61.00	60.7	8.53

화염과 이격거리 20cm에 노출된 가공송전선의 도체 인장강도는 신전선 인장강도의 약 39~42%수준으로 상당히 저하 되었다. 그러나 아연도금강심의 경우 인장강도는 신전선의 97.8% 수준으로 높게 나타났다. 이격거리 50cm에 위치한 가공송전선의 인장강도는 신전선에 비하여 알루미늄 도체가 약 81.5~82.8% 수준을 유지하고 있으며, 아연도금 강심이 99%이상으로 높게 나타났다. 아연도금

강심의 경우 열화가 진행되지 않았다. 전선의 수명관점에서 알루미늄 도체의 인장강도가 10% 감소하면 교체하는 것으로 알려져 있다. 이격거리 50cm에 위치한 알루미늄 도체의 외관상으로는 그을음 이외 어떠한 결함도 발견되지 않았다. 그러나 수명관점에서 접근하면 상당한 인장강도의 저하가 발생되어 수명을 다한 상태이다.

도전율은 이격거리에 무관하게 외층 알루미늄 도체에서는 약 0.5~1%ACS 정도 감소하였다. 내층 알루미늄 도체는 이격거리 20cm에서는 도전율을 약 0.9%ACS 감소하였지만 50cm 이격거리에서는 신전선과 동일한 수준의 도전율을 나타내었다. 이는 그을음이나 불똥 등을 고려하지 않은 열화온도와 열화 시간에 따른 도전율과는 사뭇 다른 결과를 나타내었다. 연소반응에 의해 형성된 그을음과 전선표면부에 형성된 코팅층에 의해 도전율이 다소 감소한 것으로 사료된다. 연소 과정에서 비화되는 불똥으로 인한 알루미늄 표면층의 국부적인 손상과 알루미늄 표면층의 일부에서 경화되어 갈라지는 현상으로 인하여 도전율이 다소 감소되는 것으로 사료된다. 아연도금 강심의 도전율은 이격거리에 무관하게 도전율이 신전선의 도전율과 유사하거나 약 0.2%ACS 증가하였다. 이는 열에 의해 재료 내부에 존재하는 가공전위 등의 결함이 소멸하여 전기저항이 낮아졌기 때문이다.

4. 결론

인공화염 장치에서 송전선의 내외부 온도를 열전대를 설치하여 조사하였다. 불꽃에 가까울수록 전선의 온도가 높았으며, 20cm의 접근 거리에선 최고온도 400℃까지 상승하였으며, 그로 인하여 송전선 표면과 내부 심지어 강선의 아연도금층에도 상당한 손상을 입히는 것으로 알 수 있었다. 그러나 전선 표면의 온도가 300℃ 정도까지 상승하는 불꽃과의 이격거리 50cm의 경우에는, 전선 표면에 그을음만 형성되며 외견상으론 송전선 자체에 손상을 입히지는 않은 것으로 판단되나, 인장강도특성을 조사한 결과 시 도체의 인장강도가 급격히 감소하여 수명이 다한 것으로 판명되었다. 지금까지 통상적으로 산불 진화 후, 외관검사에 의해 선로를 점검하는 방법에는 한계가 있음을 보여주는 결정적인 예로 이를 체계적으로 연구하여 교체기준과 기술을 제시하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] 김병걸 외 3명, "산불에 의한 가공송전선의 열화거동", 전기전자재료학회논문지, 2007 20:1105-1111
- [2] 김병걸 외 5명, "환경적 요인에 의한 노후 가공송전선의 특성변화", 전기전자재료학회논문지, 2006 19:287-291.
- [3] 김병걸 외 2명, "고강도 저손실 가공송전선의 개발", 전기전자재료학회논문지, 2005 18:1152-1158
- [4] 김상수 외 4명, "가공송전선의 열적거동과 전류 및 외기온도의 영향", 전기전자재료학회논문지, 2006, 19:486-491