

산불이 가공송전선의 온도에 미치는 영향

김병걸, 김상수, 전완기, 한세원
한국전기연구원

The Effect of Forest Fire on Temperature of Overhead Conductor

Byung-geol Kim, Shang-shu Kim, Wan-gi Jun, Se-won Han
KERI

Abstract : Forest fire can give a serious damage to overhead conductors. Therefore, the definite understanding about aging behavior of burned conductor is very important in maintaining the transmission line safely. It is sure that the temperature of conductor itself will be affected by the distance apart from flame. From this point of a view, we monitored the conductor's temperature with distance from flame. As a result, the conductor's temperature decreased as the flame goes away from the conductor gradually. The temperature of conductor was reached up to 55~65% level of its atmospheric temperature. The detailed results will be presented in the text.

Key Words : Fores fire, Aging, Conductor temperature

1. 서 론

우리나라의 송전선로 위치는 국토의 65%에 이르는 산지에 대부분 포설되어 있어, 산불과 같은 화재가 발생하여 전선이나 애자 등의 부속물이 파손되는 사고가 발생하게 되면 송전선로가 운영되지 못하여 발생하는 여파는 산업 전반에 걸쳐 엄청난 파급효과를 미치게 될 것이다. 특히 최근에 산업의 발전으로 전력공급의 신뢰성과 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다. 우리나라에서 발생하는 산불의 특징을 살펴보면 크게 세 가지로 나누어 생각할 수 있다. 첫째, 자연환경적인 요인으로 산림을 구성하는 수목 가운데 불에 타기 쉬운 침엽수가 42%를 차지하고 있고, 지표면에 가연성 낙엽이 많이 쌓여 있어 산불의 확산속도가 빠르다. 둘째는 지형적인 요인으로 야산의 밀집과 굴곡이 심하여 산불의 진행속도를 빠르게 하며, 세 번째인 기후 조건 역시 대륙기후의 영향으로 산불발생의 위험도가 높은 실정이다. 본 연구에서는 국내 산불의 특징을 조사하고, 이를 모의하여 가공송전선의 온도변화를 측정하여 산불에 의한 가공송전선의 신뢰성 연구하였다.

2. 실험

산불에 의한 전선의 전기적 및 기계적 특성을 분석하기 위하여 산불의 온도와 화염으로부터 거리에 따른 온도변화를 조사하여야 한다. 이러한 자료를 취득하기 위하여 실제 산불과 유사한 현상을 모의할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 별도의 인공화염 장치에 이용하였다. 인공화염 장치는 한밭대학교에서 제작하여 사용하고 있는 장비를 이용하였으며 화염의 온도와 화염의 거리에 따른 대기온도 및 전선온도의 변화를 측정하였다.[그림 1 참조] 대기온도는 화염으로부터 10cm, 20cm 정도 떨어진 지점의 온도를 측정하였다. 전선의 온도측정을 위하여 사용된 가공송전선은 345kV용

전선인 ACSR 480mm² 가공송전선을 사용하였다. 대기온도 측정과 동일한 방법으로 화염에 둘러 쌓인 경우를 0cm, 화염으로부터 최대 20cm 거리에서 온도를 측정하였다. 전선내의 온도는 강심부와 도체부에 약 1.5mm 정도로 구멍을 내어 열전대를 심어 고정하였다. 온도는 강심부 2층과 도체부 3층에 대하여 측정하였다. 이때 사용된 열전대는 k-type이며 화염과는 수직(90°) 상태를 유지하였다.

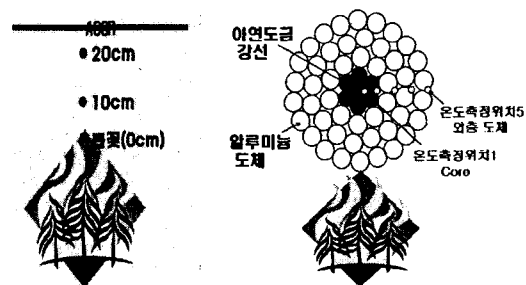


그림 1. 화염으로부터 전선온도 및 대기온도측정 모식도

3. 결과 및 검토

그림 2는 화염 불꽃으로부터 거리 따른 전선온도와 대기온도를 나타내었다. 사용된 연료는 기체연료인 프로판 가스를 사용하였다. 불꽃의 온도는 위치에 따라 다소 차이를 나타내었지만 전반적으로 약 900℃정도이다. 전선표면 온도는 급격하게 상승하며, 내층으로 갈수록 온도 상승은 다소 둔화되었다. 이는 화염과 이격거리가 10cm, 20cm인 전선도 동일하게 나타났다. 화염에 의한 도체표면의 승온 속도는 약 2.6℃/s로 10cm, 20cm 이격거리를 가지는 전선의 승온속도 0.24℃/s, 0.16℃/s에 비하여 약 10배 이상 급격히 증가하였다. 이는 대기에 의한 단열현상으로 전선이 화염에 직접 접촉하지 않고 다소 떨어져 위치하기만 하여도 피해를 다소 줄일 수 있다. 전선의 외관상 피해는 다소 그을음이 심하게 발생된 것 이외는 발견되지

않았다. 그림 2의 각 이격거리에 따른 전선온도와 대기온도를 조사하면, 화염의 온도는 대체적으로 약 900℃이며 전선 온도는 최대 510℃로 포화되었다. 화염으로부터 멀어질수록 대기의 온도와 전선의 최대온도는 지수 함수적으로 감소하였다. 화염으로부터 이격거리에 따른 대기온도와 전선 최대온도 변화에 대한 추정곡선을 나타내면 다음과 같다.

대기온도 $T_{Ambi.} = 292.3 + 683.4 \times \exp(d/83.3)$ 식) 1

전선온도 $T_{cond.} = 214 + 296 \times \exp(d/80.9)$ 식) 2

여기서 T는 온도이며 d는 화염으로부터 거리(cm)이다. 그림에서 나타난 바와 같이 매우 좋은 상관성을 나타내고 있다.

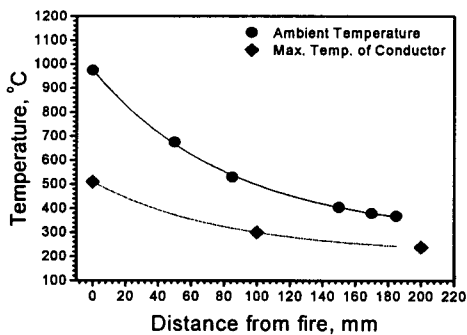


그림 2 거리에 따른 가공전선 최대온도와 대기온도

화염으로부터 이격거리가 약 10cm인 대기온도는 약 500℃ 정도이며, 전선 최대온도는 약 300℃로 약 200℃차를 나타내었다. 화염에서 20cm 위치한 곳의 대기온도는 350℃이며 전선 온도는 239℃로 나타났다.

전선 최대온도는 대기온도의 약 55%~65%내외 온도를 나타내었다.

전선내 강심과 표면도체간의 온도차는 화염에 접촉한 전선(0cm), 10cm 이격 전선, 20cm 이격 전선이 각각 23℃, 13℃, 14℃로 나타났다. 화염에 접촉할수록 전선내 절대 온도차(표면부 온도-강심부 온도)가 높게 나타나지만 상대 온도차는 약 4.5~5.5%로 거의 유사하게 나타났다.

만약 산불이 발생한 지역의 대기온도를 측정하였다면 전선 최대온도와 전선내온도차를 그림 2로부터 유추할 수 있을 것으로 사료된다.

표 2에 화염에 의해 전선온도가 전선온도 200℃에 도달하는데 걸리는 시간을 나타내었다. 전선이 화염에 접촉한 경우, 전선표면 온도가 200℃까지 상승하는데 걸리는 시간은 약 43초이며 강심부는 약 175초로 약 132초의 시간차(ΔT)가 발생한다. 전선이 화염으로부터 멀어질수록 시간차는 더욱 증가한다. 이러한 시간차로부터 다음과 같은 추측을 할 수 있다. 산불에 의한 고온의 화염이 전선에 접촉하여 단시간 통과할 경우 강심의 아연도금층은 건전한 상태를 유지할 수 있을 것이다.

산불화재는 울창한 수목에 의한 고열의 화염이 상승기류

와 함께 전력선에 쉽게 접근할 수 있다. 산림이 울창하고 가연성 낙엽이 많이 쌓인 지역에서는 산불에 의한 불기둥의 높이는 약 20~30m에 이르며 화염 중심부의 온도는 약 1200℃ 정도이고 주변 연기의 온도도 약 600℃에 이르는 것으로 추정되고 있다. 따라서 일단 전력선 주위에 산불이 발생하게 되면 전선이 화염에 접촉하는 것은 피할 수 없을 것이다.

표 17 전선온도 200℃에 이르는 시간

이격거리	Time(sec)		ΔTime
	Core	surface	
0cm	175	43	132
10cm	685	300	385
20cm	1640	990	470

4. 결론

국내에서 발생되는 산불의 특성과 송전철탑의 환경조건들을 조사하여 인공화염 시험조건 등을 설정하기 위한 모의 산불 시험을 수행하는데 기초 연구를 하였다.

산불화재는 울창한 수목에 의한 고열의 화염이 상승기류와 함께 전력선에 쉽게 접근할 수 있다. 산림이 울창하고 가연성 낙엽이 많이 쌓인 지역에서는 산불에 의한 불기둥의 높이는 약 20~30m에 이르며 화염 중심부의 온도는 약 1200℃ 정도이고 주변 연기의 온도도 약 600℃에 이르는 것으로 추정되고 있다.

전력선과 수목간의 이격거리는 약 3.2m로 일단 전력선 주위에 산불이 발생하게 되면 전선이 화염에 접촉하는 것은 피할 수 없을 것이다.

인공화염장치를 이용하여 화염의 온도와 화염에서의 이격거리 약 10cm, 20cm에서의 전선온도와 대기온도를 측정하였다. 인공화염의 온도는 약 900℃이며 화염과 접촉한 전선 온도는 약 510℃로 측정되었다. 이격거리 약 10cm, 20cm에서의 전선온도는 각각 300℃와 239℃로 화염과 멀어질수록 전선온도는 급격히 감소하였다. 또한 전선온도는 대기온도의 55%~65% 수준으로 나타났다.

전선내부(Core)와 최외층 알루미늄도체사이에 4.5%~5.5%로 최외층 알루미늄도체의 온도가 높게 나타났다.

참고 문헌

- [1] 김병걸, 김상수, 박주환, "고강도 저손실 가공송전선의 개발(1) - 기계적 특성", Journal of KIEEME, Vol. 18, No. 12, p 1153, 2005
- [2] 김병걸, 김상수, 박주환, "고강도 저손실 가공송전선의 개발(11) - 전기적 특성", Journal of KIEEME, Vol. 18, No. 12, p 1159, 2005
- [3] Havard, D.G.; bellamy, G.; Buchan, P.G.; Ewing, H.A.; Horrocks, D.J.; Krishnasamy, S.G.; Motlis, J.; Yoshiki-Gravelsins, K.S. Power Delivery : "Aged ACSR conductors. II-Prediction of remaining Life", IEEE Transactions on, Vol 7, Issue,2 pp581~587,1992