

소화약제 및 산불에 노출된 가공송전선의 거동 변화

장용호, 김병걸, 김상수, 한세원, 김진한*
한국전기연구원, 경남지방중소기업청*

Behavior Study of Overhead Conductor due to Forest Fire and Agents

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 conductor due to forest fire and agents. The detailed will be given in the text.

1. 서 론

우리나라는 국토의 약 65%가 산지이므로 송전선로는 대부분 산에 위치하고 있다. 따라서 산불이 발생하면 송전선로 운영에 영향을 미쳐 산업전반에 걸쳐 큰 손해를 초래 하게 된다. 실제 최근 10년간 산불로 인한 송전선로 고장이 연평균 11건 보고되고 있다. 이것은 최근 산업의 발전으로 전력공급의 신뢰성이 강조되고 있는 추세를 생각할 때 결코 간과할 수 없는 문제라고 할 수 있다. 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 가공송전선은 강심알루미늄연선 즉, ACSR(Aluminum Strand Conductors Steel Reinforced) 410mm²이다. 산불에 노출된 가공송전선은 도체의 기계적, 전기적 특성이 변화되어 전선의 교체수명이 감소된다. 산불 상황에서 가공송전선 수명은 아주 다양한 인자들에 의해 영향을 받게 된다. 그 중 몇 가지를 예로 들면 산불에 의한 화염과 진화를 위한 진화수 및 소화약제, 화염에 동반되는 분진 등이 있다. 이러한 인자들이 가공송전선 수명에 대해 복합적인 작용을 하게 된다. 하지만 산불 상황의 다양한 인자들에 의한 가공송전선 영향은 국내외적으로 보고된바가 거의 없다. 따라서 본 연구에서는 국내 산불 상황과 소화약제 사용을 모의 하여 시간경과에 따른 가공송전선의 거동 변화를 연구하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

고온 산화시험에 이용된 재료는 알루미늄 도체이며 사용된 시험편의 길이는 약 1m이다. 노출되어진 산불온도에서 알루미늄도체의 산화로 인한 무게변화를 측정하였다. 산불 노출온도는 200, 300, 500℃이며 각 온도에서의 유지시간은 최대 30분이었다. 고온 산화량은 선전선의 무게와 열화 후 무게를 측정하여 그 차이를 이용한 계산법을 사용하였다. TGA를 이용한 고온 부식시험은 5℃/min의 속도로 500℃까지 상승한 다음 시간에 따른 무게변화량을 조사하였다. 사용된 기기는 TA instruments의 SDT Q600이었다.

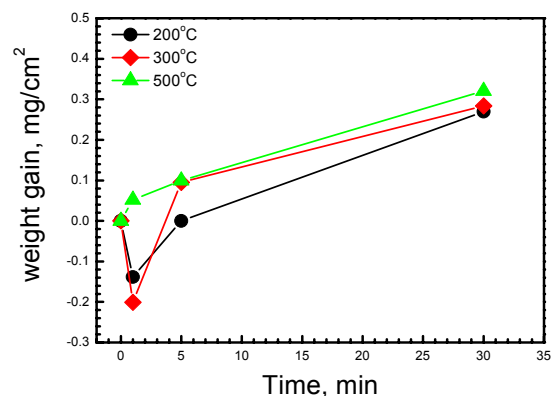
소화약제는 2006년 산림청 산불진화과정에 사용한 미국 Astaris사에서 제조한 Phos-chek를 이용하였으며 제조 방법은 물 20리터에 Phos-chek 소화약제 0.3리터를 섞어 충분히 교반하였다. 산불 노출온도 250℃와 400℃에서 1분간 노출 후 소화약제를 투하 하였다. 비교를 위해 상온에서 약제 처리한 선전선도 나타내었다. 이후 각각의 시험편은 대기

중에서 장시간 노출하면서 경과시간에 따라 인장강도와 도전율을 조사 하였다. 시험에 이용된 재료는 ACSR 410mm²가공송전선이었다. 소화약제 투하 시간은 일관적으로 10초로 하였다. 인장시험은 JIS Z 2201 시험편규정을, 도전율 시험은 KS C 3002, IEC 1232 시험규정을 준수하였다.

2.2 실험결과

2.2.1 알루미늄 소선의 고온부식시험의 결과

그림 1은 알루미늄 도체에 대하여 산불 노출온도와 노출시간에 따른 고온산화 거동을 나타낸 것이다. 200℃와 300℃에서 알루미늄의 고온산화 거동은 산화초기 약 1분에서 중량감소를 보이다가 이후 증가하였다. 반면에 500℃에서는 시간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 저온에서의 산화 초기 나타나는 중량 감소는 알루미늄 소선 표면부에 부착되어 있는 이물질이 열로 인해 분해되거나 소멸되므로 인해 나타난 것으로 사료된다. 이물질의 분해 이후 표면부의 산화 등으로 인하여 중량은 꾸준히 증가하다가 약 30분 정도에서 거의 포화되는 경향성을 나타내었다.

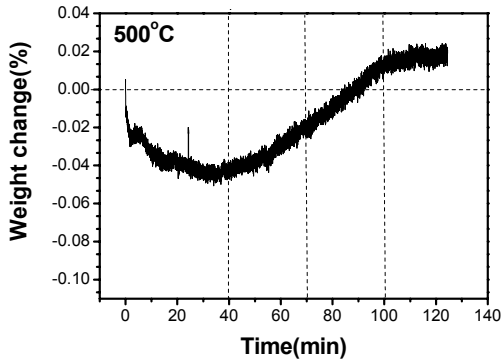


〈그림 1〉 열화 온도에 따른 알루미늄 소선의 무게 변화량

2.2.2 TGA를 이용한 AI 고온부식시험의 결과

그림 2는 온도 증가와 시간에 따른 중량 변화율을 나타낸 것이다. 그림에서 상온에서 5℃/분의 속도로 승온하면서 중량변화를 조사한 것으로 약 40분 시험시간까지는 중량이 감소한 다음 점차적으로 중량이 증가하다가 약 100분 이후 거의 포화되는 것을 확인할 수 있었다. 승온 속도를 고려하면 시험시작 이후 40분에서 시험편 온도는 약 200℃이며, 시험 시간이 100분이 되면 시험편 온도는 약 500℃가 된다. 약 시험편의 온도가 200℃ 되기까지 시험편 중량은 계속적으로 감소하였다. 이후 알루미늄의 산화로 인하여 점차적으로 중량이 증가하였다. 또한 그림 1과 거의 유사하게 중량이 증가하다가 산화시작 이후 약 60분의 시간 경과

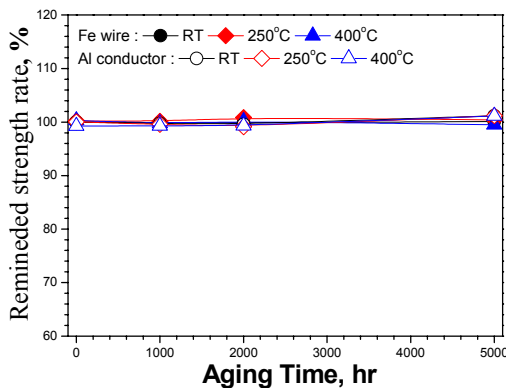
후 거의 포화되었다.



〈그림 2〉 TGA를 이용한 500°C의 고온 산화거동

2.2.3 소화약제 투하에 따른 인장강도 잔존율 거동

그림 3은 250°C와 400°C의 산불온도에 1분간 노출한 후 소화약제를 투하한 Al 소선과 아연도금 강선의 경과 시간에 따른 인장강도 잔존율을 나타낸 것이다. 참고로 산불에 노출되지 않은 신전선의 소화약제에 대한 인장강도 잔존율을 함께 나타내었다. 기존시험에서 산불온도 250°C에 1분간 노출된 알루미늄 도체의 인장강도는 신전선의 인장강도와 거의 유사한 값인 99.95%을 나타내었다. 반면에 400°C 1분간 노출된 알루미늄 도체의 인장강도 잔존율은 약 99.2%로 0.8% 감소하였다. 알루미늄 소선의 인장강도 거동은 소화약제에 의해 5000시간까지는 거의 영향을 받고 있지 않았다. 따라서 단시간적으로는 인장강도 거동에 대한 영향은 소화약제보다는 온도가 더 크다고 판단된다. 아연도금강선의 인장강도 잔존율 역시 알루미늄 도체와 유사하게 변화가 거의 없었다.

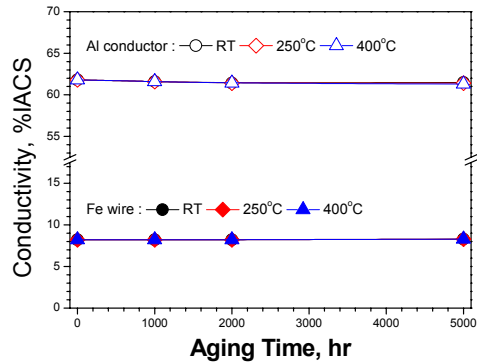


〈그림 3〉 소화약제 투하 후 경과시간에 따른 가공송전선의 인장강도 잔존율

2.2.4 소화약제 투하에 따른 도전율 거동

그림 4는 250°C와 400°C의 산불온도에 1분간 노출한 후 소화약제를 투하한 Al소선에 대하여 경과시간에 따라 도전율을 측정된 결과이다. 비교를 위하여 산불온도에 노출되지 않은 신전선도 같이 나타내었다. 알루미늄 도체의 전기전도도는 인장강도 잔존율과 유사하게 거시적으로는 큰 차이를 나타내지 않았다. 즉 소화약제와 온도 둘다에 대해서 큰 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다. 하지만 소화약제가 산불에 노출된 전선에 미치는 영향을 분석하면 산불 노출온도가 고온일수록 그리고 장시간이 경과할수록 영향이 높아 질것이라 예상된다. 산불 노출온도가 높을

수록 알루미늄 도체표면균열의 확장과 더불어 재료 내 결합의 발생으로 소화약제가 도체 표면에 존재할 시간이 많아지기 때문이다. 이후 경과시간을 장시간으로 두면서 인장강도와 도전율의 변화에 소화약제가 미치는 영향을 조사할 계획이다.



〈그림 4〉 소화약제 투하 후 경과시간에 따른 가공송전선의 전기전도도

3. 결 론

1. 산불시 고온의 열기에 의해 Al 도체가 고온부식될 수 있기 때문에 TGA를 이용하여 Al의 고온 산화 유무를 조사하였다. 시험결과 산화에 의한 무게 증가가 관찰되어 고온에 노출된 Al의 고온산화를 확인하였으나, 그 정도가 심한 것을 아니었다. 그러므로 산불의 이동속도를 고려할 때 이것이 전선에 치명적인 손상을 입히지는 않으리라 생각된다.
2. 고온의 산불 화염에 노출된 가공송전선에 소화약제를 살포했을 때를 상정하여, 송전선의 재질적인 특성 변화에 대해 조사하였다. 그 중 현재 시험 조건인 5,000시간까지의 인장강도특성은 온도에 의한 열적인 특성 열화는 관찰되나, 소화약제가 미치는 영향에 대해선 아직 뚜렷한 차이는 발견되지 않고 있다. 전기전도도특성 역시 아직까지는 뚜렷한 특성 변화의 조짐이 보이고 있지 않다. 소화약제에 의한 특성변화는 장시간의 경과특성이 중요하기 때문에 향후 지속적인 관찰이 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김병걸외 3명, “산불에 의한 가공송전선의 열화거동”, 전기전자재료학회논문지, 2007 20:1105-1111
- [2] 김병걸외 5명, “환경적 요인에 의한 노후 가공송전선의 특성변화”, 전기전자재료학회논문지, 2006 19:287-291.
- [3] 김병걸외 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