

산불에 의해 가열된 가공송전선의 이도거동

김병걸, 김상수, 전완기, 한세원, 김진한*
한국전기연구원, 부산울산지방중소기업청*

The SAG Behavior of Overhead Conductor due to Forest Fire

Byung-geol Kim, Shang-shu Kim, Wan-gi Jun, Se-won Han, Jin-han Kim*
KERI, SMBA*

Abstract : Because forest fire can give a serious damage to overhead conductors, the thorough understanding about sag behavior of burned conductor is very important in maintaining the transmission line safely. Therefore, a systematic investigation was carried out by heating method. As the heating temperature increases, drastic change of tensile strength of Al wire due to the softening of Al wire occurred. When Al wire is exposed to the flame(about 800℃) during only 13 seconds, the remained tensile strength of Al wire showed under 90%. and then sag of overhead conductor become deteriorated. The detailed results will be given in the text.

Key Words : Sag, Forest fire, Aging, ACSR, Conductor temperature

1. 서론

우리나라의 송전선로 위치는 국토의 65%에 이르는 산지에 대부분 포설되어 있어, 산불과 같은 화재가 발생하여 전선이나 애자 등의 부착물이 파손되는 사고가 발생하게 되면 송전선로가 운영되지 못하여 발생하는 여파는 산업 전반에 걸쳐 엄청난 파급효과를 미치게 될 것이다. 우리나라의 송전선로는 대부분 산악지를 경유하고 있어서 송전선로의 지상고 높이가 대부분 수목에 의해 정해진다. 이로 인해 산불이 발생 시 도체 주위온도가 상승하여 383~393K(110~120℃)정도이고, 도체의 온도는 333~353K(60~80℃)의 범위로 된다. 현재 송전선로의 최악 조건 시 이도로 주위온도 75℃를 고려하고 있으며, 이 온도를 기초로 수목과의 이격거리를 결정하고 있다. 그러나 주위온도가 110~120℃까지 상승하고, 도체에 전류가 흐르고 있는 상태라면 송전선로의 이도는 매우 크게 되어 수목과 직접적인 접촉이 발생하여 산불에 의한 송전선의 피해는 확대가 된다. 따라서 도체에 흐르는 부하량과 수목과의 이격거리 등을 종합적으로 검토하여 산불의 접근 정도에 따른 온도를 상정하고, 도체의 이도를 검토하여 수목과의 접촉 또는 지락사고를 방지하기 위한 대책을 수립할 필요가 있다.

산불에 의한 가공송전선의 이도에 관한 국내외적으로 보고된바가 거의 없으며 정확한 기준 또한 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 화염에 의한 ACSR 가공송전선의 이도 특성을 조사하였다.

2. 실험

가공전선의 이도는 설치지역의 고온계 및 저온계 최악조건에서 단선이 되지 않도록 최대사용장력이 전선의 안전율을 초과하지 않도록 시설하여야 한다. 전선의 이도는 지지물의 길이, 강도, 선간간격의 결정에 직접적인 영향이

있다. 가공전선의 피해방지와 고장의 예방을 위하여 기계적 설계부분에서 전선이도 및 장력이 가장 우선적으로 고려되어야 한다. 전선의 이도는 전선길이변화에 의해 결정되며 이러한 선간길이는 전선과 구성소재의 탄성계수와 선팽창계수에 의존한다. 표 1에 ACSR 410mm² 가공전선의 규격과 이도조건을 나타내었다. 간략하게 ACSR 410mm²전선의 이도 결정하면 다음과 같다. 식 1의 15℃ 무풍 무설 상태에서의 최대사용장력을 구한다. 이때 풍압 하중을 42kgf/mm²으로 하였다.

표 1 ACSR 410mm²의 가설조건

- | |
|--|
| 1. size : ACSR 410mm ² conductor, |
| 2. Al의 단면적 : 413.4mm ² |
| 3. 아연도금강선의 단면적 : 67.35mm ² |
| 4. 전선의 단면적 : 410.mm ² |
| 5. 전선의외경 : 28.5mm, |
| 6. 전선의 자중 : 1.673kg/m, |
| 7. 탄성계수 E = 8,359kgf/mm ² , Es = 21,000kgf/mm ³ ,
Ea = 6,300kgf/mm ² |
| 8. 선팽창계수 α = 18.95μ/℃, αs = 11.5μ/℃,
αa = 23.0μ/℃ |
| 9. 최대사용장력 ; Tmax = T ₁ = 5,000kgf |
| 10. 무풍 무설 상태(초기상태) 온도 : t ₀ = 15℃ |
| 11. 최악상태 온도 (t ₁) : t ₁ = -15℃ |
| 12. 하중조건
풍압 15℃ : 88kgf/mm ² , -15℃ : 42kgf/mm ² ,
6mm 피빙두께(풍력계수:0.95) |
| 13. 2지역, 154kV의 표준경간(S) = 300m |

$$T_{01}^2 + \left\{ \frac{q^2 W^2 S^2 EA}{24 T_1^2} - T_1 + \alpha(t_{01} - t_1)EA \right\} T_{01} = \frac{W^2 S^2 EA}{24} \quad \text{식 1}$$

전선의 규정치에 의해 도출된 전선의 최대사용장력(T₀₁)은 약 2929.3kgf이다.

식 1에 의해 도출된 장력을 이용하여 식 2와 식 3에 대입하여 전선의 천이점장력(T_c)과 천이점온도(t_c)를 구한다.

$$\left(\frac{T_c}{T_{01}}\right)^3 + \left(\frac{T_c}{T_{01}}\right)^2(M-1)\frac{(\alpha_a - \alpha)}{\alpha_a} = \frac{(\alpha_a - \alpha)}{\alpha_a}M \quad \text{식 2}$$

단 여기서 $M = \frac{W^2 S^2 EA}{24 T_{01}^3}$

$$t_c = t_0 + \frac{T_c}{E_s A_s (\alpha_a - \alpha_s)} \quad \text{식 3}$$

규정값을 적용한 천이점장력(T_c)과 천이점온도(t_c)는 1947.98kgf와 85.8°C이다.

임의의 온도에서 이도를 구하기 위하여 먼저 임의의 온도(t_2)에서 장력(T_2)을 구한다. 이때 임의의 온도(t_2)가 천이점온도(t_c) 이하인 경우는 식 4에 의해 구하고 임의의 온도(t_2)가 천이점온도(t_c) 이상인 경우는 식 5를 따른다.

$$T_2^3 + \left\{ \frac{q_1^2 W^2 S^2 EA}{24 T_1^2} - T_1 + \alpha(t_2 - t_1)EA \right\} T_2^2 = \frac{W^2 S^2 EA}{24} \quad \text{식 4}$$

$$T_2^3 + \left\{ \frac{q_1^2 W^2 S^2 E_s A_s}{24 T_c^2} - T_c + \alpha_s(t_2 - t_c)E_s A_s \right\} T_2^2 = \frac{W^2 S^2 E_s A_s}{24} \quad \text{식 5}$$

식 4와 식 5에 의해 도출된 임의의 온도에서의 장력을 식 6에 대입하여 임의의 온도에서 전선 이도가 결정된다.

$$d = \frac{W \times S^2}{8 T_2} \quad \text{식 6}$$

3. 결과 및 검토

그림 1은 전선온도 75°C에서 경간에 따른 전선의 이도변화를 나타낸 것이다. 경간 300m에서의 전선의 이도는 8.46m이다. 경간이 크지면 전선의 이도는 더욱 증가하게 되며 경간과 전선의 이도는 비례관계에 있다.

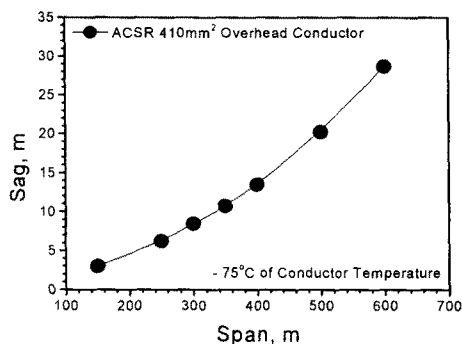


그림 1 ACSR 410mm²가공전선의 경간과 이도

그림 2은 경간 300m에서 산불온도에 따른 전선의 장력과 이도변화를 나타내고 있다. 장력과 이도는 서로 밀접한 관계가 있음을 앞서 설명하였다. 전선이도에 영향을 미치는 인자로는 탄성계수, 선팽창계수, 강도의 재료 물성과 이외의 재료 외적인 인자인 전선의 장력, 경간, 천이온도, 알루미늄과 강심의 면적비 등이 있다.

전선이 산불에 노출되면 전선의 온도는 급격하게 상승하게 되어 수목과 접하게 된다. 일반적으로 전선온도 75°C에서 수목과 전선간의 이격거리는 약 3.2m로 전선온도가 약 150°C가 되면 전선의 이도는 약 12m가되어 전선은 수목에 접하게 된다. 고온의 수목과 전선이 접하게 되면 상대적으로 전선의 온도는 급격하게 증가하게 되어 알루미늄도체 또는 아연도금강심의 열화가 급격하게 진행될 것으로 사료된다.

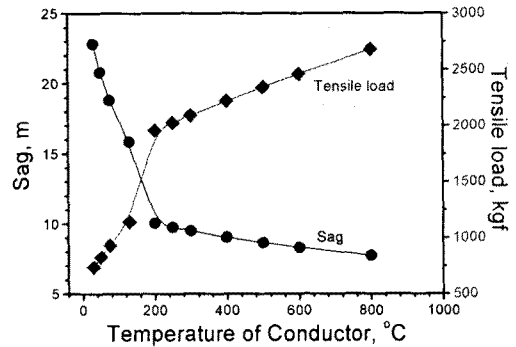


그림 2 온도에 따른 장력과 이도거동

4. 결론

본 연구는 산불에 의한 전선의 기계적 열화거동변화와 연재하여 이도거동변화를 조사하였다.

전선의 이도는 전선길이변화에 의해 결정되며 이러한 선간길이는 전선과 구성소재의 탄성계수와 선팽창계수에 의존한다. 전선이 산불화염에 노출되면 전선 온도는 급격하게 상승하게 되어 수목과 접하게 된다. 일반적으로 전선온도 75°C에서 경간 300m에 대한 ACSR 410mm² 가공전선의 이도는 약 8.5m이며, 이때 수목과 전선간의 이격거리는 약 3.2m이다. 전선온도가 약 150°C가 되면 전선 이도는 약 12m 이상이 되며 전선은 수목에 접하게 된다. 고온의 수목과 전선이 접하게 되면 상대적으로 전선의 온도는 급격하게 증가하게 되어 알루미늄도체 또는 아연도금강심의 열화가 급격하게 진행될 것이다.

참고 문헌

- [1] 김병걸, 박수동, 김상수, "STACIR/AW 송전선의 장시간 운전에 따른 기계적 물성 변화", 한국전기전자재료학회 2004학계학술대회논문집, p. 1258, 2004
- [3] 박창기, 이광식, 강지원, 김영달 : "화염으로 인한 ACSR의 기계적 열화 특성", Journal of KIIEE, Vol. 17, No 6, pp160~168, 2003
- [4] 김상수, 김병걸, 장태인, 강지원, 이동일, 민병욱, "환경적 요인에 의한 노후 가공송전선의 특성 변화", Journal of KIIEE, Vol. 19, No. 3, pp287~291, 2006.
- [9] P.H. Schwabe & D. Pike : "The Measurement of Corrosion in Overhead Power lines", ANTI-Corrosion, 1988.