

## 환경 인자(풍속, 외기온도)와 전류량이 전선온도에 미치는 영향

김상수, 김병걸, 장태인\*, 강지원\*, 이동일\*, 민병욱\*\*

한국전기연구원 신소재응용연구그룹, 한전전력연구원\*, 한국전력공사\*\*

### The Changes of Conductor Temperature by Current and Environment Component of Wind Velocity and Ambient Temperature

Shang-Shu Kim, Byung-Geol Kim, Tae-In Jang\*, Ji-Won Kang\*, Dong-Il Lee\*, Byung-Uk Min\*\*

KERI, KEPRI\*, KEPCO\*\*

#### Abstract

대부분의 고압송전선은 알루미늄도체와 강심코어로 구성된 ACSR(Aluminum Conductor Steel Reinforced)계통으로 건설되었다. 강심코어는 고탄소강으로 전선의 하중을 담당하며 알루미늄은 도체로 사용되고 있다. ACSR 410mm<sup>2</sup> 가공송전의 온도와 전류량, 외기조건(온도, 풍속, 풍향각)과의 관계를 규명하는 것은 송전용량과 송전효율을 증진하는데 필수적이다. 전선온도는 전류량에 따라 직선적으로 변화하며 풍속 0.5m/s와 태양열의 흡수가 없다고 가정하면 “전선온도(°C) = -0.3143 + 0.077 × 전류량(A)”의 관계를 가진다. 전류량 852A에서 풍속에 따라 전선의 표면부와 강심부의 방사온도차는 감소하였다. 풍속 20m/s에서의 방사온도차는 약 1.4°C로 나타났다.

#### 1. 서론

외기 온도 40°C, 풍속 0.5m/s의 하계조건에서 ACSR 410mm<sup>2</sup> 전선의 연속허용온도는 90°C로 송전용량은 약 852A이다. 전선 온도는 전류량과 외기온도, 풍속, 풍향각 등의 환경적 인자에 의해 변화되어 지므로 각 환경적 변화에 따른 송전용량과 각 변수가 송전용량에 미치는 영향을 결정하는 것은 기존선로의 용량증대와 더불어 장기적으로 경제적 효과를 증진하는데 크게 기여할 것이다. 본 연구에서는 ACSR 410mm<sup>2</sup> 전선에 대하여 전선온도에 미치는 전류량과 외기온도, 풍속 등의 환경적 인자의 영향에 대하여 조사하였다. 또한 강심부와 전선 표면부까지의 온도기울기와 최대온도를 풍속, 대기온도, 전류의 함수로 측정하였다.

한 주열열과 태양열의 합이 대류열과 방사열의 합에 의해 결정된다. ANSI와 IEEE에 의하면 대류열은 자연대류와 저풍속(약 1m/s 이하)과 고풍속(1m/s 이상)으로 구분되어 미치는 영향이 각기 달리 나타나며 풍향각에도 영향을 받는다. 풍향각 90°와 40°사이에 약 10% 정도의 냉각효율이 차이가 난다.

방사열은 전선의 온도와 외기온도간의 차에 의해 결정되며 방사계수는 전선의 상태에 따라 약 0.23 ~ 0.9정도이다.

도체가 태양으로부터 흡수하는 태양열은 태양의 위도, 고도와 방위각에 영향을 받으며 전선온도에서 약 10%의 영향을 나타낸다.

$$Q_c + Q_r = Q_s + I^2 R_{ac}(T_c) \times 10^{-3} \quad 1)$$

#### 2. 실험

##### 2.1 실험방법

이 논문은 wind tunnel에서 ACSR 410mm<sup>2</sup> 전선의 열적 거동을 조사한 것으로 강심에서 전선표면부까지의 온도기울기와 최대온도 등을 풍속, 전선온도, 전류의 함수로 측정하였다. 풍속은 최대 20m/s까지 조절되도록 설계되었다. 바람은 5개의 propellor을 이용하였으며 터널을 통해 직선성이 유지되도록 설계하였다. 풍속은 전선의 위치에서 풍속계에 의해 측정되었으며 풍향각은 전선과 90°을 이루게 하였다. 전선의 온도는 HP34970A을 통하여 5분 간격으로 측정하였다. 이때 사용된 열전대는 T-type이며 끝단에 전류의 영향을 최소화하기 위하여 절연처리를 하였다.

##### 3.2 장력의 영향

그림 1은 직류전류 933A하에서 장력변화에 따른 전선의 도체의 표면부와 지지선(Core)의 온도변화를 나타낸 것이다.

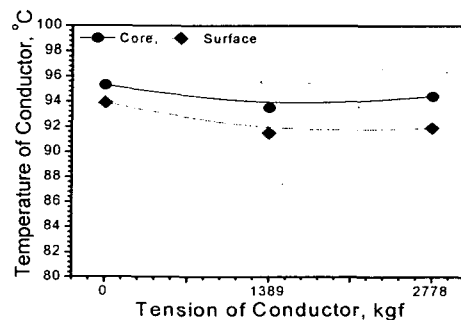


그림 1 장력과 전선 온도의 관계.

#### 3. 결과 및 고찰

##### 3.1 전선의 열적거동

가공송전선의 온도는 식 1에 나타난바와 같이 전류에의

전선의 장력이 증가함에 따라 전선의 온도는 다소 영향을 받지만 크게 영향을 받지 않는다. 장력이 증가함에 따라 전선의 DC저항의 감소로 인해 전선의 온도는 다소 감소하였다. 이는 ACSR 전선을 구성하는 지지선(강심)과 도체(알루미늄)간의 열팽창계수의 차이로 발생된다. 전선의 온도가 증가하면 도체와 지지선간의 열팽창계수차이에 의하여 전선 내에서 부풀림(Bird Cage)가 발생된다. 장력이 증가할수록 부풀림 발생을 억제하여 전선간의 밀착성을 증가시킨다.

### 3.3 전류(DC)의 영향

그림 2는 각 풍속에서 전류량에 대한 전선의 온도를 나타낸 것이다. 각 풍속 하에서 전류량에 따라 전선의 표면부 온도는 선형적 관계를 나타내고 있으며 풍속이 증가하면 전선의 온도기울기는 감소하였다. 자연대류와 풍속 3m/s 하에서 전류량과 전선온도의 관계는 식 2)와 식 3)으로 표현할 수 있다.

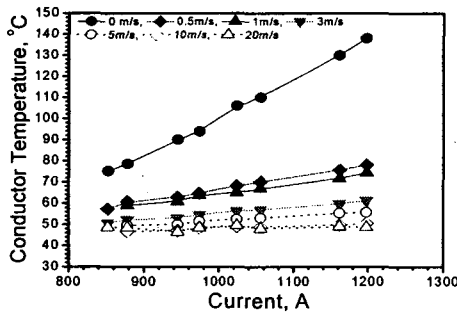


그림 2 전류량과 전선온도와의 관계.

자연대류와 풍향각이 전선과 수직을 이루고 있는 상태에서 전류량 852A에서의 전선온도는 약 75.2°C를 나타내었다. 이 온도(75.2°C)를 유지하기 위하여 이론적으로 요구되는 전류량 725A와는 약 120A의 차이를 나타내었다. 또한 전류량 1198A에서는 전선의 온도는 약 138°C로 계산치 1328A에 비해 130A 정도 낮게 나타났다. 자연대류 하에서 저전류에서 전선의 온도는 계산치에 비하여 높게 나타났으며 고전류에서는 이론치보다 낮게 나타났다.

$$\text{전선온도}(^{\circ}\text{C}) = -81.92 + 0.18 \times \text{전류(A)} \quad 2)$$

$$\text{전선온도}(^{\circ}\text{C}) = 26.14 + 0.029 \times \text{전류(A)} \quad 3)$$

### 3.3 풍속의 영향

그림 3은 각 전류량에서 풍속에 대한 전선의 온도를 나타낸 것이다. 전선의 온도는 전류량에 선형적으로 의존하는데 비하여 풍속에는 지수함수적으로 영향을 받는다. 전류량 1198A의 자연대류 하에서 138°C인 전선 표면부의 온도는 풍속이 20m/s로 증가하면 약 48.6°C로 감소한다. 특히 3m/s 이하의 저 풍속영역에서 전선온도는 풍속에 민감하게 반응하여 감소하였다. 1198A하에서의 풍속과 전류량과의 관계는 식 4)로 표현할 수 있다.

$$\text{Conductor Temperature}(^{\circ}\text{C}) = 54.79 + 81.98 \exp\left(-\frac{\text{wind velocity}}{0.5}\right) \quad 4)$$

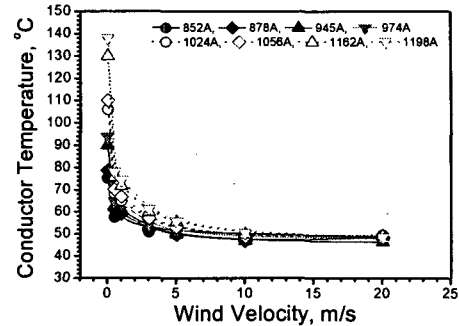


그림 3 풍속과 전류량과의 관계.

## 4. 결과

ACSR 410mm<sup>2</sup> 가공송전선에서 전류량과 외기온도, 풍속 등의 환경적 인자의 영향에 대하여 조사한 결과를 다음과 같이 정리하였다.

1. 전선의 온도에서 장력은 큰 영향은 나타내지는 않지만 장력의 증가에 따라 전선내의 소선들의 밀착성의 증가로 전기저항의 감소되어 전선온도는 다소 감소한다.
2. 전류량은 전선온도에 선형적으로 영향을 미치며 자연대류 하에서 저전류에서는 전선 온도는 계산치에 비하여 높게 나타났으며 고전류에서는 이론치보다 낮게 나타났다.
3. 풍속이 전선온도에 지수함수적으로 영향을 미치며 3m/s 이하의 저 풍속영역에서 전선온도는 풍속에 민감하게 반응하여 감소하였다.