

ACSR-OC 전선의 단시간 특성 평가

이중관, *김동명, ** 이수목
한전 용인지점, *한전 전력연구원, **한전 중앙교육원

Assessment of Short-Time Characteristic ACSR-OC Conductor

Joong Kwan Lee, Dong Myung Kim, Sue Muk Yi
KEPCO

Abstract - The short-time permissible temperature of an overhead distribution line conductor is determined by the softening characteristics of ACSR-OC, ACSR AW/OC 160, typical conductors employed in the overhead distribution line. Transient heat transfer equation and Newton's cooling law were applied to analyze the heating and cooling effects of the insulating conductors, respectively, and the error of co-relation was calibrated after simulating the softening test to assess the short-time characteristic of the insulating conductor. In order to verify the softening characteristic, the conductors were tested with heat cycle. The test was totally carried out 200 cycles, and 1 cycle was to heat and cool at 1.1 times permissible current of the conductor, 1.15 times for 120 minutes, respectively. After heating, the tensile strength and surface of the conductor were observed. In case of ACSR-OC, as the result of 100 hour heating test, the tensile strength of the insulator was 0.8 times the initial value. This is equivalent to the value of the conductors which are used for 10 years at sites.

1. 서 론

전력수요의 급격한 증가로 배전계통은 점차 대용량화되고 있고 전력공급 설비 부지 확보는 곤란한 반면, 배전설비의 투자를 최적화하면서 공급신뢰도를 고객이 요구하는 적정수준으로 달성하기 위해서는 보다 효율적인 선로 운영이 요구된다. 특히, 공급신뢰도측면에서 선로의 단시간 공급중단으로 특별한 계통 구성이 요구될 때 기존 설비의 이용효율을 극대화할 수 있는 비상운전용량의 검토가 필요하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 국내 가공배전선로의 대표급인 ACSR-OC 160mm², ACSR/AW-OC 160mm²전선에 대한 단시간 운전전류 산정을 위해 열특성을 모의하였다.

선로의 전류용량은 전선의 허용전류로써 결정된다고 할 수 있는데, 가공전선에서의 허용전류는 기온, 풍속, 일사량의 기상조건에 따라서 과거의 최대값, 측정결과 등을 토대로 하여 최악조건을 결정론적으로 정하여 그 조건이 설비 사용기간에 있어서 열에 의한 전선의 기계적 강도저하율이 문제가 없을 경우 전선의 연속허용온도로부터 허용전류를 계산하고 있다.

일반적으로 허용전류란 전선에 전류를 흘렸을 때 발생하는 전력손실(도체손, 유전체손, 시스손 등)로 인해 상승하는 도체온도 상승과 주위온도와의 합이 전선 도체의 최고 허용온도를 초과하지 않는 전류를 말하며, 전선의 열적 용량에 의해서 결정된다. 절연전선 및 케이블의 경우는 절연물의 온도특성에 따라 최고 허용온도는 제한을

받고 가공전선(ACSR)의 경우는 강심의 내열 정도에 따라서 결정된다.

2. 본 론

2.1 가공 절연전선의 과도 열전달 개념

대기 중의 특고압 강심알루미늄 절연전선의 냉각효과와 해석은 전형적인 대류 전도 열전달의 복합형태이다. 동심원형 절연전선의 과도열전달의 경우 다음과 같은 두 식으로 표현할 수 있다.

$$\tau = \tau_{max} (1 - e^{-t/T}) \quad \text{가열시}$$

$$\tau = \tau_{max} e^{-t/T} \quad \text{냉각시}$$

여기서 t는 시간, T'은 시정수이며

$\tau_{max} = T_{max} - T_0$ 로 충분한 시간이 지나서 절연전선이 평형을 이룰 때 전선내부 도체의 온도 T_{max} 와 대기 온도와의 온도차이다.

2.2 절연체의 고온특성 시험

절연전선의 열전달 특성은 열전달 계수에 달려있다. 전도 및 대류열전달 계수값이 정확할수록 계산결과와 신뢰성은 증가하는데, 현재 이러한 전선의 대류열전달계수는 측정이 매우 어렵고 실제 측정이 이루어진다 하여도 상당한 오차범위를 예상할 수밖에 없으므로 전산 해석에는 한계가 있을 수 밖에 없다. 이러한 오차를 줄이기 위해 다음과 같은 전선의 고온가열시험을 시행하였다.

시험은 국내에서 제작된 가공 절연전선을 시료로 절연체에 대한 열이력 검토와 전선의 온도상승시험 및 연화특성을 고려한 가열시험을 실시하였다. 가공절연전선의 절연체인 가교폴리에틸렌(Cross-Linking Polyethylene)을 시차주사열분석기(DSC: Differential Scanning Calorimetry)를 활용하여 절연체의 열특성을 분석하였다. 그림 1은 가교폴리에틸렌의 열이력 곡선으로 극대값(peak)이 105.4℃에서 보여준다. 극대값의 의미는 이 온도에서의 열용량(8.0627 J/g·℃)이 가장 크다는 것을 나타낸다.

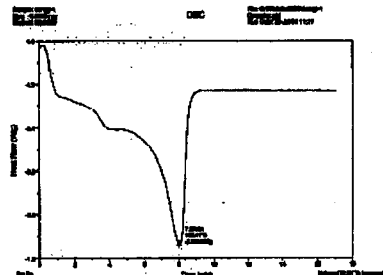


그림 1 가교폴리에틸렌의 열이력 곡선

2.2.1 고분자의 열화 판정

고분자 절연체가 열화되면 그 원인에 무관하게 최종적으로는 기계적 특성의 저하로 이어진다. 그러나 기계적 특성이라는 것은 재료에 외력이 가해졌을 때 고분자 사슬이 기계적으로 반응하는 것을 측정하는 것이기 때문에 비록 절연체의 미세구조가 어느 정도 변해도 기계적 특성은 거의 변하지 않는다. 반면에 전기적 특성의 변화는 기계적 특성의 변화보다는 월등히 민감하여 절연체의 미세구조가 조금만 변하여도 전기적 특성의 변화는 즉각적으로 나타난다. 전선(또는 케이블)은 허용전류이상의 전류를 흘렸을 때 열적 영향을 받아 열화가 가속된다고 할 수 있는데, 전선의 절연체는 일반적으로 그 특성치가 시간경과에 따라 점차 저하하므로 특성치의 시간특성을 구하여 초기값의 보지율(保持率)을 수명으로 결정한다.

2.2.2 고온연화특성시험

시료는 2001년에 제조된 ACSR-OC 160mm, ACSR/AW-OC 160mm 전선으로 품목당 42샘플(sample)에 대해 고온연화특성시험을 시행하였다. 시험방법은 ES 114(Heatcycle 시험)를 적용하였고 통전전류는 연속허용전류의 115~120%를 인가하여 50, 100, 150, 200Cycle(1Cycle : 120분 통전, 120분 차단)동안 시험하였다. 수명을 평가하기 위하여 절연물에 대한 기계적 특성을 분석하였는데, 전선 절연체의 인장강도 및 신장율은 ES 121-230~275에 의거 가열전값의 80% 이상이 요구된다.

시험조건은 다음과 같다.

- 도체는 동일한 온도로 유지되며 내부에 온도구배를 형성하지 않는다.
- 폴리에틸렌(피복)과 대기사이의 접촉 열저항은 고려하지 않는다.
- 대기는 등온으로 유지되며 도체와 폴리에틸렌간의 열전달은 반경 방향만을 고려한다.

표 1 Heatcycle 시험

전선규격	ACSR-OC 160mm	ACSR/AW- OC 160mm	주위온도
통전전류 (정격 대비)	454 A (115%)	474 A (120%)	20℃

2.2.3 시험결과

2.2.3.1 절연체의 인장특성시험

ACSR-OC 160mm에서는 인장강도에서 50 cycle 이후 초기값의 80%이하로 측정되었고, ACSR/AW-OC 160mm에서는 잔율 변화율이 초기값의 약 80~90% 범위로 기계적 특성이 약간 저하된 것을 나타내고 있다. 대부분 간선용으로 설치되어 운전하고 있는 ACSR-OC 160mm의 절연체는 상대적으로 고온가열에 취약한 것으로 판단된다. 참고적으로 현장에서 10년 경과한 동일제품(1992년 제작)을 시험한 결과, 인장강도는 초기값의 76%, 신장율은 87%를 나타내었다.

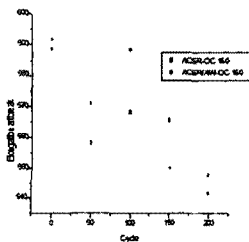


그림 2 인장강도 잔율의 변화

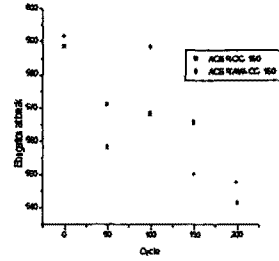


그림 3 신장율 잔율의 변화

2.2.3.2 Cycle별 도체저항의 변화

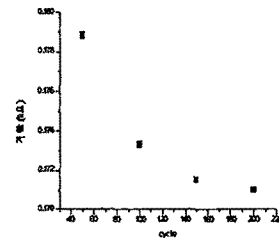


그림 4 ACSR-OC 160mm

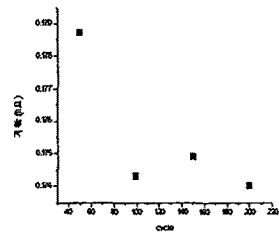


그림 5 ACSR/AW-OC 160mm

2.2.3.3 도체의 연화특성 분석

도체의 연화상태를 알아보기 위하여 초기(신품) 및 최종상태(200Cycle 가열후)에 대한 소선단면의 결정조직을 금속현미경으로 관찰하였다. 결정조직을 분석한 결과, 가열된 전선 도체에서는 현저한 표면조직변화는 인지되지 않았다. 또한 경도 변화율을 비커스(Vickers)경도기를 이용하여 측정하였다. 일반적으로 변화율이 10%이상일 경우 재료는 변형되는 것으로 판단하는데, 측정 결과 도체의 강도는 변화되지 않은 것으로 분석된다.

2.3 가공절연전선 단시간 운전전류 평가

절연전선의 연속가열시험 결과, 연속허용전류의 115%에서 반복가열 100시간일 경우 ACSR-OC 160mm에서는 기계적 특성이 규격기준치 이하로 측정되어 접속부나 선로의 경년열화를 고려하면 무리한 것으로 판단되지만, 옥외 환경에서는 바람에 의한 강제대류로 절연체의 온도상승은 더 낮아지는 것을 감안하면 단시간 운전전류는 실험값보다 약간 하향조정된 연속허용전류값의 110%가 무난할 것으로 판단된다. 그림 6은 ACSR-OC 160mm 정격전류의 110%(434A)를 인가할 경우 도체와 절연체 온도상승 실험값을 강제대류로 변환하였다.

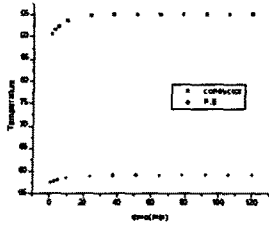


그림 6 절연전선(강제대류) 온도 상승

3. 결 론

국내 가공배전 절연전선의 대표급인 ACSR-OC 160mm², ACSR AW/OC 160mm² 전선에 대한 단시간 특성을 검토한 결과 다음과 같다.

- 배전계통 간선용으로 운전하고 있는 ACSR-OC전선의 절연체는 ACSR/AW-OC전선에 비해 상대적으로 고온가열에 취약한 것으로 판단된다.

- ACSR-OC전선의 경우 도체 허용전류의 110%로 100시간 가열한 결과, 절연체의 인장강도 잔율은 초기값의 80%이하로 저하되었고 이 값은 현장에서 10년 사용된 전선과 유사하였다.

- 절연전선의 경우 절연물의 온도특성에 따라 최고 허용온도는 제한을 받는다.

그러나 본 연구결과는 일정한 전제 조건하에서 검토된 것이므로 본 연구에서 제시된 자료는 현장에서 활용할 경우 운전선로의 특성이나 주변 여건 등이 검토되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 電氣學會技術報告 第660号, 日本電氣學會, 1997年
- [2] Frank W. Kussy, Jack L. Warren, 'Design Fundamentals for Low-Voltage Distribution and Control', Marcel Dekker, 1987, 44-45p
- [3] 전력연구원, "배전케이블 수명예측 기준결정 및 열화진단 시스템 구축", 1997, 174-175p
- [4] Power Distribution Engineering, 1994, James. J. Burke, 96p
- [5] "A1 배전선의 신뢰도 향상대책", 한전기술연구원,