전선에서 아크불티의 온도변화 분석

김동명, 송일근, 권태호, 황광수, 박경엽*
한국전력공사, 한국전기연구원*

Temperature Analysis of electric arc at Power Distribution line

Dong-Myung Kim, Il-Keun Song, Tae-Ho Kwon, Kwang-Soo Hwang, Kyong-Yop Park*
KEPCO, KERI*

Abstract - When the jacket damaged conductors in 22.9kV-y overhead distribution lines are contacted with the metal material by strong wind, which, leads to arc melting as well as faults accordance.

The duration of the arc temperature due to flame effected by weather and flash over conditions. In order to simulated the worst conditions, the ACSR-OC(58mm^2) used as specimen was artificially cut in no wind. After contacting the two cut conductors again the testing current was applied. thus, the changes in temperature of arc flame was analyzed.

1. 서 론

국내 가공배전선로의 고압계통은 나전선에 의한 외물 접촉 선로고장, 안전사고 등을 예방하고자 절연전선이 개발되어 1977년부터 일부 고압배전선에 고압용 절연전선이 사용되기 시작하였으며, 1978년에는 특고압 배전계통에도 절연전선이 사용되었다. 또한, 1979년 8월에 개정된 전기설비기술기준령에 의해서 도심지와 인가 밀집지역에서 절연전선 사용이 의무화되었다.

특고압 강심알루미늄절연전선(ACSR-OC)은 2004년 12월 현재 22.9kV 가공배전선로(총긍장 554,701km)의 70%인 387,585km에 설치 운영되고 있으며 점차 확대되는 추세이다.

본 연구에서는 22.9kV-y 가공배전선로의 절연전선이 강풍에 의해 금속 이물과 접촉할 경우 전기고장발생과 함께 아크용단이 발생되는 데, 절연전선에서 발생되는 아크불티의 온도변화를 측정하여 영향을 검토하였다.

2. 실 험

2.1 시료 및 시험설비

전기아크를 발생시키기 위한 공급전원으로는 간이합성 시험설비를 구성하였다. 시험설비는 창원의 한국전기연구원의 간이합성 시험설비를 이용하였으며 그림 1과 같은 회로로 구성된다. 시험용차단기(TCB)를 기준으로 왼쪽은 전류원 공급회로를 보여주고 있으며, 오른쪽은 전압원 공급회로를 보여주고 있다. 간이합성 시험설비는 콘덴서 뱅크에 전기에너지를 충전시켜 리액터를 통해 방전시킴으로써 원하는 주파수의 고장전류를 얻는 방식이다. 시험은 최악조건을 모의하기 위하여 무풍상태에서, 시편으로 사용된 ACSR-OC 58㎟를 인위적으로 완전히 절단한 후 재접촉시킨 상태에서 시험전류를 통전하였다.

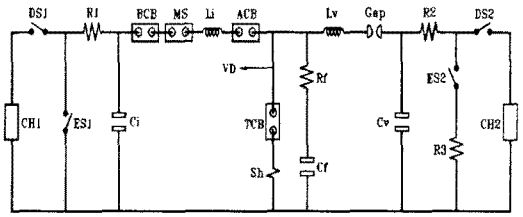

그림 1. 간이합성시험설비 회로도

2.2 시험전류

가공배전계통의 1선지락 고장전류, 보호계전기 차단시간을 고려하여 시험전류의 조건은 주파수 60Hz, 전류크기 4.5kArms, 4.0kArms, 3.5kArms, 5cycle로 정하였다. 간이합성 시험설비 특성상 시험시간인 5cycle은 1cycle로 공급하는 것으로 하고 전류의 크기는 등가에너지를 고려하여 결정하였다. 표 1은 간이합성 시험설비를 사용하여 충전전압을 가변시키면서 1cycle의 전류를 통전시킨 결과를 정리한 것이다.

표 1. 시험전류 1cycle에 해당하는 에너지의 크기

충전전압 [kV]	시험전류 [kArms, 1cycle]	공급에너지(Joule, $J=I^2*t$)	비고 [kA]
1.0	8.0+7.4	$(8000^2+7400^2)*0.0083=985,708$	3.5
1.2	9.9+8.7	$(9900^2+8700^2)*0.0083=1,441,710$	4.0
1.3	10.6+9.4	$(10600^2+9400^2)*0.0083=1,665,976$	4.5

2.3 아크불티의 온도측정

온도를 측정하기 위해서 열화상카메라(NEC San-ei Instruments, Thermo Tracer, TH9100WV)를 이용하였으며 온도측정을 위한 기본적인 설정 정보는 다음과 같으며, 그림 2에 시편 설치대의 형상을 나타내었으며, 그림 3는 시험장치를 설치한 모습을 나태내고 있다.

- 온도 측정범위 : 0~500[℃]
- 방사율 : 0.24
- 측정시간 : 1/60초

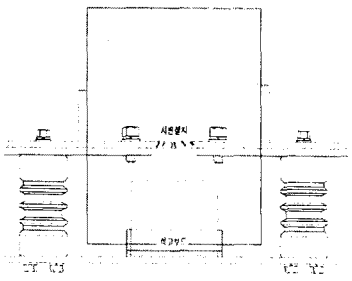

그림 2. 시편설치대 형상

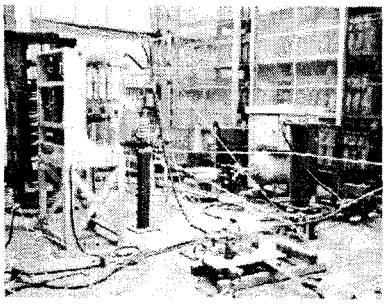

그림 3. 장비 설치

3. 결과 및 고찰

3.1 시험전류 파형

그림 4는 4.5kA 5cycle에 해당하는 등가 에너지(충전전압 1.3kV)의 시험전류의 파형 예를 보여주고 있다.

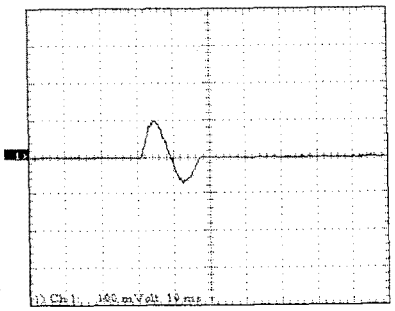

그림 4. 시험전류 파형

3.2 아크불티의 온도변화

그림 5는 4.5kA 5cycle 시험전류의 시간에 따른 아크불티의 온도측정 예를 보여 주고 있다. 시간은 고상전류의 통전이 완료된 시점부터 계산한 값이다

그림 5에서 아크불티의 온도는 시간이 경과함에 따라 점차 감소하는 것을 알 수 있다. 이러한 온도변화로부터 아크불티는 도체인 알루미늄 파편으로 추정된다.

3.3 결과

간이합성 시험설비를 이용하여 측정한 시간에 따른 아크불티의 온도변화를 정리하면 그림 6과 같다. 그림 6에서 횡축은 전류차단 시점부터의 경과시간을 의미한다.

시험전류가 차단된 후 0.5초 이전에는 섬광 속에 아크불티가 존재하기 때문에 아크불티의 온도를 측정하는 것이 불가능하다. 또한 이 시점 부근에서는 아크불티가 정지해 있지 않고 움직이고 있을 가능성이 크므로 측정된 아크불티의 온도 값은 오차범위가 클 수도 있다. 그림 6에서 4.5kA 및 4.0kA에 해당되는 커브는 아크불티 성분이 도체이고 나머지 1개는 성분이 절연체인 것으로 분석되었다. 불티의 성분이 OC전선 절연체인 경우는 도체인 경우와는 달리 아크불티의 온도가 시간이 경과함에 따라 지속적으로 감소하지 않고 변화가 크며 경우에 따라서는 온도가 증가하기도 한다. 이것은 알루미늄 도체(융점 660℃)의 불티는 시간이 경과함에 따라 열적으로 평형을 유지하기 위하여 온도가 감소되지만, 절연체의 경우(융점 150~250℃) 산소, 열원이 공급되는 동안 연소되면서 온도가 상승하는 것으로 판단된다.

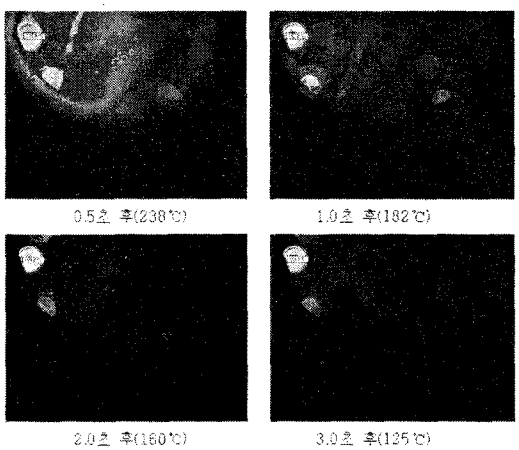

그림 5. 아크불티의 온도변화

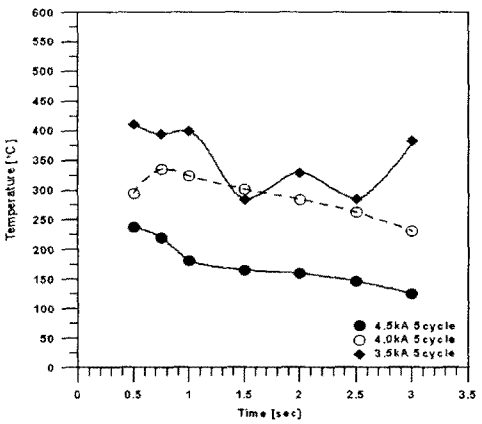

그림 6. 아크불티의 온도변화

4. 결 론

무풍조건하에서 절연전선이 아크용단 될 경우 온도특성을 실험한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 전류의 크기와 아크불티 온도의 상관관계는 찾기가 어려웠으며 불티의 온도는 성분, 크기, 형상에 따라 변화되는 것을 확인하였다.

2) 측정된 아크불티의 온도는 도체인 경우에는 125℃~330℃이고 절연물인 경우에는 280℃~410℃ 정도이다.

본 실험은 전선에서 섬락현상이 발생할 경우 재해에 미치는 영향 요인을 검토한 것으로 배전계통의 운영기준 및 대책 수립에 활용이 기대된다. 그러나 현장에 설치된 가공배전선로의 전선은 바람의 영향을 많이 받으며 또한 아크의 지속시간은 기상 및 섬락 조건에 따라 변화가 심하므로 향후 전력회사의 시설물 관리 자료로 활용하기 위해서는 실증시험을 통한 데이터 축적이 필요하다.

[참 고 문 헌]

[1] AI배전선의 신뢰도 향상대책, 한국전력공사, 1986

[2] 특고압 배전용 전선의 섬락단선 대책연구, 한국전력공사, 1996

[3] IEC 62271-100(2001), High-voltage switchgear and contr olgear-Part 100: High-voltage alternating-current circuit -breaker

[4] B.M. Aucoin, R.H. Jones, "High impedance fault detection implementation issues", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol.11, pp: 139 - 148, January. 1996.

[5] Kim, C.J.; Russel, B.D.; "A Learning Method for Use in Intelligent Computer Relays for High Impedance Faults", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol.6, pp: 109 - 115, J anuary. 1991.