

저압차단기용 접점재료의 소모특성에 미치는 개리속도의 영향

연영명*·박홍태·오일성
LG산전 전력연구소

The Effect of Opening Velocity on the Arc Erosion of Contact Materials for Low-Voltage Circuit Breaker

Young-Myoung Yeon* · Hong-Tae Park · Il-Sung Oh
LGIS Electrotechnology R&D Center(LERC)

Abstract

The purpose of this paper is to investigate the effect of arc current and contact velocity on the erosion of silver-based contact materials to be used in low voltage circuit breakers. The opening velocity during breaking, which is constant, ranges between 2m/s to 6m/s in the 415V 25kA_{rms}. Contact erosion is evaluated by measuring the mass change of the cathode and anode. The results show that the increase in opening velocity from 2m/s to 6m/s leads to a decrease in the contact erosion. It is shown that the material transfer from one electrode to another depends on the transfer charge and the opening velocity of the contacts. The contact pairs of AgWC/AgCdO are superior to AgWC/AgSnO₂In₂O₃ or AgWC/AgC contact pairs in the contact erosion.

Key Words : Low voltage circuit breakers, Contact material, Contact velocity, Contact erosion

1. 서론

단락사고시 발생하는 전기적 아크에 의한 접점의 소모는 저압용 차단기의 신뢰성 및 수명을 결정하는 매우 중요한 요소이다[1,2]. 일반적으로 접점의 소모는 접점에 가해진 아크 에너지가 접점상 호간 물질이동에 의해 질량적인 변화를 발생시키고, 접점표면에 국부적인 핏(pip)이나 크레이터(Crater)와 같은 조적을 형성하여 접점의 표면형상 변화의 원인이 된다[3]. 이러한 접점의 소손과 표면형상의 변화는 차단기의 접촉압력을 감소시켜 접촉저항을 증가시키는 원인으로 작용한다. IEC규격에서는 단락시험 후의 온도 상승치를 규정치 이하로 제한하고 있다. 이러한 조건을 만족시키기 위해서는 단락전류나 과전류와 같은 이상전류를 차단 후 접점의 소모가 적고, 접촉저항이 낮으며, 우수한 내용착성 등의 특성이 요구된다. 본 연구에서

는 저압 차단기용 접점으로 널리 사용되는 내아크성이 우수한 AgWC 접점과 접촉저항성이 우수한 AgCdO, AgSnO₂In₂O₃, AgC 접점을 사용하여 차단기의 개리속도에 따른 접점의 소모특성에 대하여 고찰하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

그림 1은 본 연구에 사용된 실험용 챔버의 구성도를 나타낸 것이다. 기본적인 챔버의 동작원리는 산업용 차단기와 유사하게 설계되었으며, 접점재료, 개리속도, 개리시간 및 접촉압력의 조절이 가능하게 하였다. 동작 메커니즘은 솔레노이드를 이용하였으며, 솔레노이드에 부착된 스트라이커를 고정전극의 상부에 충돌시켜 원하는 개리속도를 얻

었다. 이때, 속도조절은 고정전극의 충돌위치에 따라 2m/s~10m/s까지 가능하도록 하였으며, 접점의 개리거리는 16mm로 일정하게 유지하였다. 아크 챔버는 전류차단시 발생된 아크를 신속히 소호할 수 있도록 산업용 차단기에 구성되는 소호부와 동일한 구조를 적용하여 사고전류 차단시 차단기에서 발생하는 현상과 유사하도록 모의 하였다. 그림 2는 아크를 발생시키기 위해 사용된 실험회로를 나타낸 것으로, 아크전압 및 전류측정을 위해 분압기 및 로고스키 코일을 각각 사용하였다.

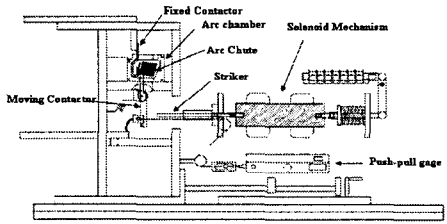


그림 1. 실험용 챔버

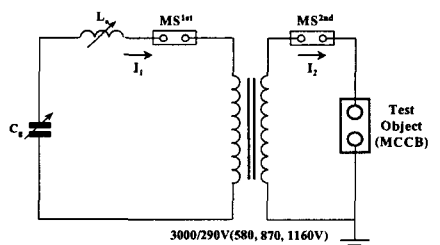


그림 2. 실험회로(LC공진회로)

2.2 실험방법

본 실험에 이용된 접점재료는 5[mm] x 8[mm] x 2[mm]의 크기를 갖는 AgWC를 가동접점으로 사용하였으며, 고정접점은 8[mm]x8[mm]x2[mm]의 크기를 가진 직사각형 형태의 AgCdO, AgSnO₂In₂O₃, AgC 를 각각 조합하여 사용하였다. 표 1은 실험에 사용된 접점재료에 대한 물성치를 나타낸 것이다. 실험에 사용된 전류는 그림2의 LC공진회를 이용하여 415V, 25kArms 전압과 전류를 인가하였으며, 동일한 열적 스트레스를 위해 각각의 시료조건에 대하여 동작횟수를 동일하게 하여 실험을 수행했다. 접점의 개리속도는 그림 1의 실험용 챔버를 이용하여 그림 3에 나타낸 것과 같이 2[m/s],

표1. 접점재료의 물성치

Materials	Density (g/cm ³)	Electrical Conductivity (% IACS)	Hardness (Hv)
AgWC	12	58	200
AgCdO	10.2	50	100
AgSnO ₂ -In ₂ O ₃	10	65	105
AgC	9.16	64	45

4[m/s] 및 6[m/s]로 실험을 수행하였다. 접점의 개리시점은 전류가 인가된 후 1ms 이내로 일정하게 제어 하였으며, 이때, 접촉하중은 2kgf로 일정하게 하였다. 접점의 소모량은 고정밀의 전자저울을 이용하여 실험전·후의 무게를 측정하여 각각의 접점재료에 대한 접점소모량을 비교분석하였다.

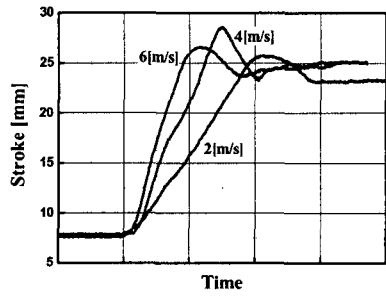
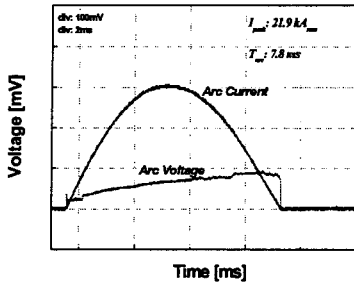


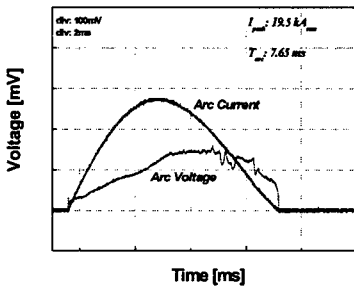
그림 3. 시간에 따른 스트로크 파형

3. 결과 및 고찰

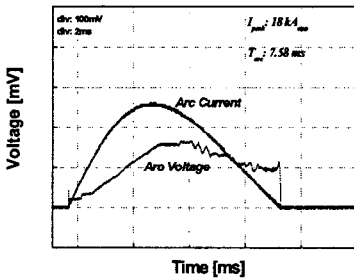
그림 4는 차단전류가 25kArms인 경우, AgWC/AgC 접점의 개리속도에 따른 전류 및 아크전압 파형을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, 접점의 개리속도가 빨라짐에 따라 아크전압 기울기가 상승함과 동시에 아크전류와 시간이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 두 접점사이에서 발생된 전자반발력에 의해 접점이 개리될 때, 개리속도가 빨라짐에 따라 접점사이에서 발생된 아크가 신속하게 그림 1의 아크슈트로 이동되어 아크슈트 내에서 아크전압의 상승을 유도하여 차단기 내부에 흐르는 전류와 시간을 감소시켜 한류성능을 향상시키기 때문이라 사료된다. 이러한 현상은 AgWC/AgCdO, AgWC/AgSnO₂In₂O₃ 접점재료의 조합에서도 유사한 경향을 나타내었다.



(a) 2m/s



(b) 4m/s



(c) 6m/s

그림 4. AgWC/AgC 접점의 개리속도에 따른 아크전류 및 전압파형

일반적으로 접점의 소모율은 식 (1)과 같이 접점에 주입된 열적 에너지 Q에 따라 그 특성이 변화한다.

$$E = \int U_{arc} Idt = \int QU_{arc} \quad (1)$$

그림 5는 각각의 접점조합 조건에서 접점에 가해진 열적에너지 특성을 개리속도에 따라 나타낸 것이다. 이 결과에서 알 수 있듯이, 접점의 개리속도가 빨라짐에 따라 열적에너지는 모든 접점에서 감소하는 경향을 나타내었다. 접점조합 조건에 따른 특성은 AgWC/AgCdO와 AgWC/AgSnO₂In₂O₃ 조합이 유사한 경향을 나타내었으며, AgWC/AgC

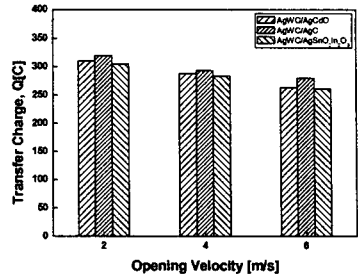
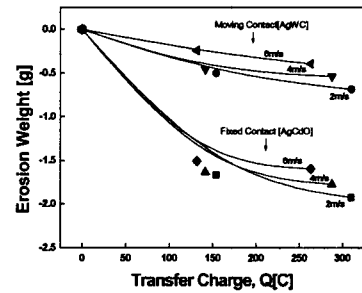


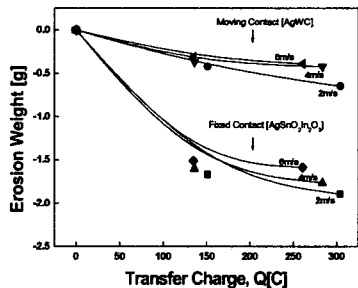
그림 5. 개리속도에 따른 열적에너지 특성

가 많은 열적에너지에 노출되었음을 알 수 있다.

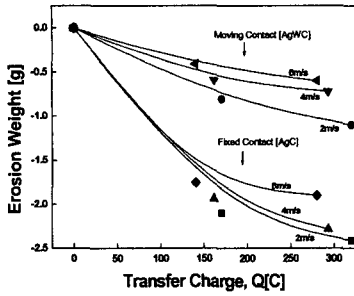
그림 6은 개리속도에 따른 각각의 접점재료 소모특성을 나타낸 것이다. 개리속도가 증가함에 따라 모든 접점재료에서 소모특성이 향상되는 경향을 나타내었으며, 고정접점보다는 가동접점의 소모특성이 우수한 결과를 나타내었다. 이는, AgWC가 AgC, AgSnO₂In₂O₃, AgCdO 보다 내 아크성이 우수하기 때문인 것으로 사료된다. 고정접점에 이용된 재료의 소모특성은 산업용 차단기에서 가장 널리 이용되고 있는 AgCdO가 우수한 소모특성을 나타내었으며, AgC가 상대적으로 많은 소모율을 나타내었다. 이는, AgC접점이 AgCdO나 AgSnO₂In₂O₃ 접점의 경도치보다 상대적으로 낮기 때문이다.



(a) AgWC/AgCdO



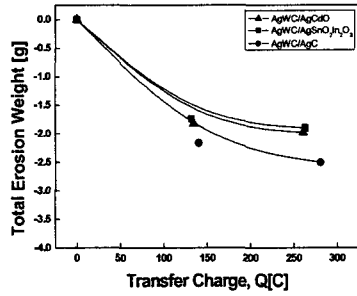
(b) AgWC/AgSnO₂In₂O₃



(c) AgWC/AgC

그림 6. 접점에 따른 개리속도의 특성

그림 7은 개리속도에 따른 각각의 접점재료에 대해 가동접점과 고정접점에서 발생한 전체 소모율 특성을 나타낸 것이다. 이 결과에서 알 수 있듯이 개리속도가 증가함에 따라 전체적인 접점 소모율은 향상되는 경향을 나타내었으며, AgWC/AgCdO가 우수한 소모특성을 나타낸 반면, AgWC/AgC가 가장 많은 소모율을 나타내었다.



(c) 6 m/s

그림 7. 개리속도에 따른 소모율 특성

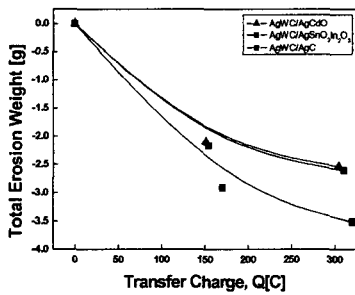
4. 결론

저압 차단기용 접점의 소모특성에 미치는 개리속도 영향을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

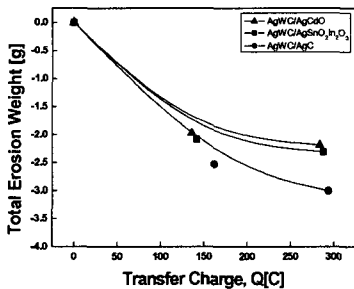
1. 접점의 개리속도가 빨라짐에 따라 아크전압의 상승을 유도함으로써 한류성능을 향상시키는 것으로 생각된다.
2. 접점의 소모특성은 접점의 개리속도가 빨라짐에 따라 접점에 가해지는 열적에너지가 감소함으로써 향상되는 경향을 나타내었다.
3. 개리속도에 따른 소모특성을 분석결과 AgWC/AgCdO 접점조합이 가장 우수한 소모특성을 나타낸 반면, AgWC/AgC의 조합이 가장 많은 소모율을 나타내었다.

참고 문헌

- [1] R. Holm, Electric Contact Handbook, Springer Verlag, 1967
- [2] H. W. Turner and C. Turner, "Contact erosion and its implication," Proceedings of the Holm Conference on Electrical Contacts, Chicago, IL, 1978.
- [3] P. G. Slade and F. A. Hoimes, "Pip and crater formation during interruption of alternating current circuits," Proceeding of the International Conference on Electrical Contact Phenomena, Tokyo, Japan, 1976



(a) 2 m/s



(b) 4 m/s