

AgWC/AgCdO 접점의 소모특성에 미치는 개리속도의 영향

연영명* · 박홍태 · 이상엽 · 조상순 · 오일성
LG산전 전력연구소

The Effect of Opening Velocity on the Arc Erosion of AgWC/AgCdO Contacts

Young-Myoung Yeon* · Hong-Tae Park · Sang-Yup Lee · Sang-Sun Cho · 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 contact to be used in low voltage circuit breakers. The arc current ranges from $2kA_{rms}$ to $20kA_{rms}$. A test system allows the control of the opening velocity profiles with contact velocities up to 10m/s and also enables the synchronization of the contact opening with a point on the arc current waveform. Contact erosion is evaluated by measuring the mass change of the cathode and anode. The results show that increase the opening velocity from 2m/s to 6m/s leads to a decrease in the contact erosion. The material transfer from one electrode to another is shown to depend on the transfer charge and the opening velocity of the contacts.

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

1. 서론

단락사고시 발생하는 전기적 아크에 의한 접점의 소모는 차단기의 신뢰성 및 수명을 결정하는 매우 중요한 요소이다[1,2]. 일반적으로 접점의 소모는 접점에 가해진 아크 에너지가 접점상호간에 물질이동을 발생시키고, 접점표면에 국부적인 뿔(pip)이나 크레이터(Crater)와 같은 조직을 형성시킨다[3]. 이러한 접점표면의 손상은 차단기의 접촉압력을 감소시켜 접촉저항을 증가시키는 원인으로 작용한다. 그러므로 IEC규격에서는 단락시험 후의 온도 상승치를 규정치 이하로 제한하고 있다. 이러한 조건을 만족시키기 위해서는 차단기용 접점으로 소모가 적고, 접촉저항이 낮으며, 우수한 내용착성 등이 요구된다. 본 연구에서는 저압 차단기용 접점으로 가장 널리 사용되고 있는 AgWC-AgCdO 접점을 사용하여 열적 스트레스와 개리속

도에 따른 접점의 소모특성에 대해 고찰하였다.

2. 실험방법

2.1 실험장치

그림 1은 본 연구에 사용된 실험용 챔버의 개리도를 나타낸 것이다. 기본적인 챔버의 동작원리는 산업용 차단기와 유사하게 설계되었으며, 접점재료, 개리속도, 개리시간 및 접촉압력의 조절이 가능하게 하였다. 챔버에 사용된 동작 메커니즘은 슬레노이드를 이용하였으며, 슬레노이드에 부착된 스트라이커를 고정전극의 상부에 충돌시켜 원하는 개리속도를 얻었다. 이때, 속도조절은 고정전극의 충돌위치에 따라 2m/s~10m/s까지 가능하도록 하였다. 접점의 개리거리는 16mm로 일정하게 하였으며, 아크 발생시 생성된 가스가 배출될 수 있도록

록 챔버의 끝단에 별도의 배기구를 설치하였다.

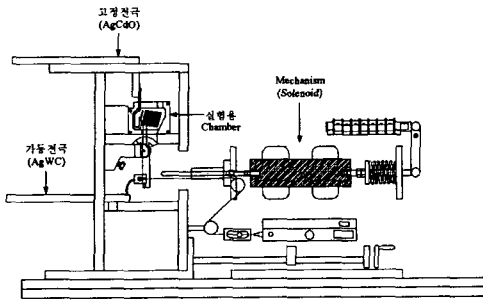


그림 1. 실험용 챔버

그림 2는 아크를 발생시키기 위해 사용된 실험 회로를 나타낸 것으로, 아크전류는 LC공진회로와 단락 변압기를 통해 발생된다. 실험에 사용된 전류는 2~25kArms로 하였으며, 아크전압 및 전류측정을 위해 분압기 및 로고스키 코일을 각각 사용하였다. 실험에 이용된 가동접점은 5[mm]×8[mm]×2[mm]의 크기를 갖는 AgWC[60:40]를 사용하였으며, 고정접점은 8[mm]×8[mm]×2[mm]의 크기를 가진 직사각형 형태의 AgCdO[85:15]접점을 각각 사용하였다.

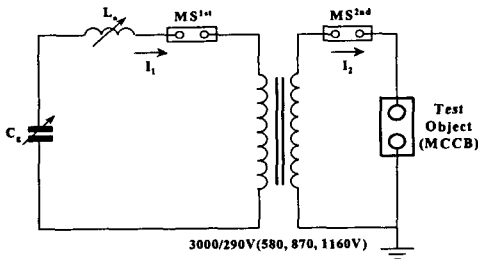


그림 2. 실험회로(LC공진회로)

2.2 실험방법

표 1은 본 연구에 사용된 실험조건을 나타낸 것으로, 실험에 사용된 전류는 2kArms, 5kArms, 12kArms 및 25kArms로 하였다. 각 전류에서 거의 동일한 열적 스트레스를 인가하기 위해 각 전류에 따라 동작횟수를 달리하여 실험을 행하였다. 그리고 접점의 소모량은 고정밀의 전자저울을 이용하여 실험전·후의 무게를 측정하여 분석하였으

며, 이때, 접촉하중은 2kgf로 일정하게 하였다. 개리속도는 그림 3에 나타낸 것과 같이 2[m/s], 4[m/s] 및 6[m/s]로 실험 하였다.

표 1. 실험조건

Current Level [kArms]	Operation Interval [N]	Total Operations [#]	Charge Transfer per Operation [C]
2	5	20	17
5	5	15	42
12	1	4	99
25	1	2	208

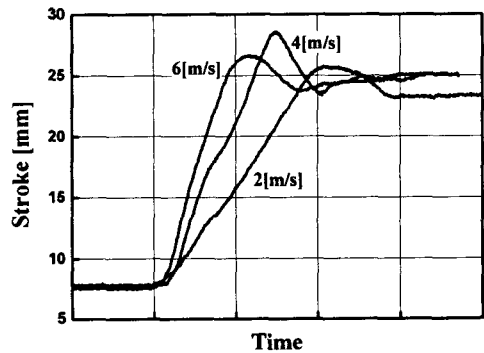
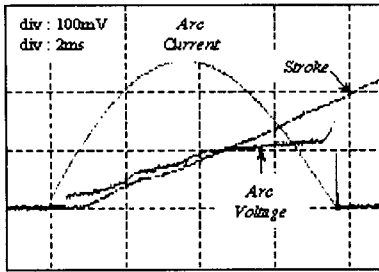


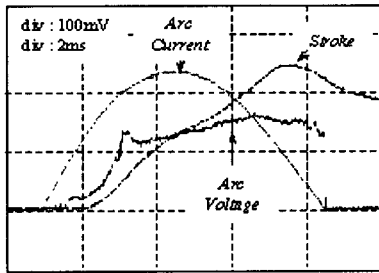
그림 3. 시간에 따른 스트로크 파형

3. 결과 및 고찰

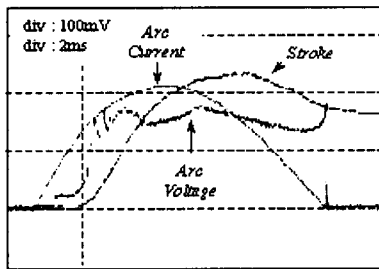
그림 4는 아크전류가 2kArms인 경우, 개리속도에 따른 아크 전류 및 전압 파형을 나타낸 것이다. 이때, 접점의 개리시점은 전류가 인가된 후 1ms 이내로 일정하게 제어하였다. 이 그림에서 알 수 있듯이, 접점의 개리속도가 빨라짐에 따라 아크전압이 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 아크전압의 초기치 변화에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 개리속도가 증가함에 따라 아크가 접점상에 정체하는 시간(Immobility Time)이 짧아 그리드로 아크가 신속하게 이동하기 때문인 것으로 생각된다. 아크전류값은 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 개리속도가 아크신장과 아크소호에 많은 영향을 미치기 때문이라 사료된다.



(a) 2m/s



(b) 4m/s



(c) 6m/s

그림 4. 개리속도에 따른 아크전류 및 전압파형
(실험전류 : 2kA_{rms})

그림 5는 각각의 실험전류에서 접점의 개리속도에 따른 한류치(Limited Current)를 나타낸 것이다. 일반적으로 한류치란 차단기의 한류작용에 의해 실제 차단기에 흐르는 전류를 나타내는 것으로, 소호구조 및 메카니즘 특성에 영향을 받게 된다. 이 결과에서 알 수 있듯이, 접점의 개리속도가 증가함에 따라 그 한류치도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 개리속도의 증가함에 따라 아크전압의 초기 상승이 신속하게 이루어지기 때문인 것으로 생각된다.

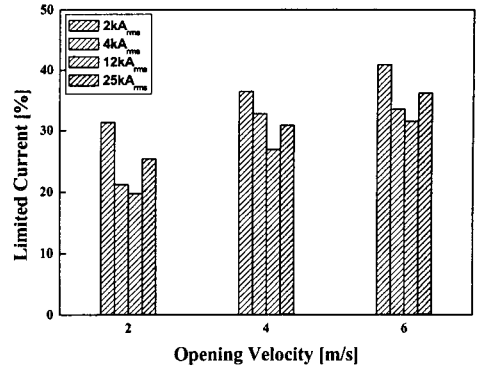


그림 5. 개리속도에 따른 한류치 특성

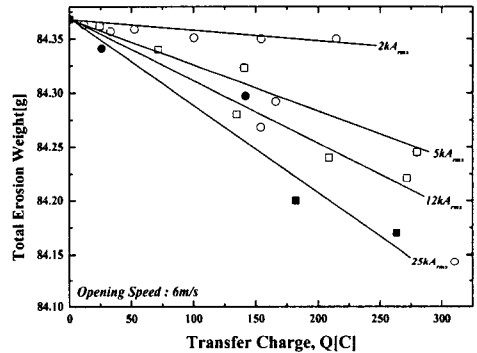


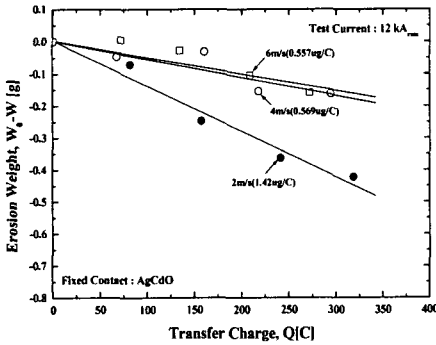
그림 6. 아크전류에 따른 소모율 특성
(개리속도 : 6m/s)

그림 6은 개리속도를 6m/s로 일정하게 하였을 때, 아크전류에 따른 가동접점과 고정접점에서 발생된 전체 소모율 특성을 나타낸 것이다. 이 결과에서 알 수 있듯이 아크전류가 증가함에 따라 접점의 소모율은 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 다른 개리속도(2m/s, 4m/s)에서도 유사한 결과가 나타났다. 그림 7은 아크전류가 12kA_{rms}인 경우 개리시간에 따른 고정 및 가동접점의 소모특성을 각각 나타낸 것이다. 일반적으로 접점의 소모율은 식 (1)과 같이 접점에 주입된 에너지에 따라 그 특성이 변화한다. 그러므로 본 연구에서는 열적 에너지 Q 를 고려하여 접점의 소모율 특성을 분석하였다.

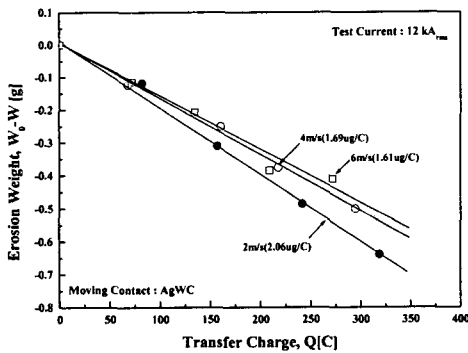
$$E = \int U_{arc} I dt = \int Q U_{arc} \quad (1)$$

이 결과에서 알 수 있듯이, 가동접점이 고정 접

점에 비해 접점의 소모가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 고정접점의 경우 아크가 접점상에 정체하는 시간이 짧기 때문에 가동접점에 비해 아크의 영향을 적게 받기 때문인 것으로 생각된다. 또한, 고정 및 가동접점에 있어 개리속도가 증가함에 따라 접점의 소모가 적게 나타났다. 고정접점의 경우에는 개리속도가 증가함에 따라 아크가 접점상에 정체하는 시간이 짧아지기 때문인 것으로 사료되며, 가동접점의 경우에는 개리속도의 증가로 인해 접점이 받는 열적 에너지가 적기 때문인 것으로 생각된다.



(a) 고정접점(AgCdO)



(b) 가동접점(AgWC)

그림 7. 개리속도에 따른 소모율 특성
(실험전류 : 12kArms)

4. 결론

저압 차단기용 접점의 신뢰성 및 수명에 결정적인 영향을 미치는 개리속도를 변수로 하여 접점의 소모특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 접점의 개리속도가 증가함에 따라 한류성능이 우수하며, 접점의 소모도 적게 발생하는 것으로 나타났다.
2. 아크전류가 증가함에 따라 접점의 소모율이 높게 나타났으며, 접점소모는 아크시간보다 아크전류에 의해 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.
3. 아크에 의해 발생하는 접점소모는 아크가 정체하는 시간에 많은 영향을 받는 것으로 판단되며, 개리속도가 증가함에 따라 시간이 짧아지는 것으로 생각된다.

이러한 기초적인 실험결과를 이용하여 향후에는 접점과 저압 차단기의 요구성능에 관한 상관관계 분석을 통한 최적의 접점재료 선정에 대한 연구를 수행할 계획이다.

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