

전기기기용 비닐절연전선에서의 직렬 아크에 의한 열화 특성 분석

김향곤, 길형준, 김동욱, 김동우, 최충석
한국전기안전공사 전기안전연구원

Analysis of Deterioration Characteristics of Polyvinyl Chloride Insulation Wires for Electrical Apparatus by Series Arcing

Hyang-Kon Kim, Hyung-Jun Gil, Dong-Ook Kim, Dong Woo Kim, Chung-Seog Choi
Electrical Safety Research Institute, a Subsidiary of KESCO

Abstract : In this study, we experimented deterioration characteristics of PVC insulation wires for electrical apparatus by series arcing and analyzed the heat generation at the contacts of wires, glowing/growing process of copper oxide, waveforms of contact voltage, current, power dissipation, and so on. We found out that how glowing contacts and surface arcing can decompose PVC insulation and that subsequent series arc can lead to ignition. We expect that these results are useful for improving fire protection technology by providing a better understanding of how electrical fires can initiate.

Key Words : 전기기기용 비닐절연전선(KIV), 직렬 아크, 산화물 성장, 발열, 화재

1. 서 론

저압용 전기설비 및 전기기기의 배선에 전기기기용 비닐절연전선(KIV)이 주로 사용되고 있다. 전기기기의 사용 환경에 따라 진동이나 인장, 압축 등이 이들 배선에 반복적인 기계적 피로를 주어 전선 내 소선의 일부 또는 전부가 단선되는 경우가 발생한다. 피복 내 소선이 단선되면 전기의 공급이 원활하지 못하게 되고 단선된 부분에서는 국부적인 발열이 진행되고 소선 접촉에 의한 발열로 전선 피복이 탄화하거나 발생한 아크에 의해 주위의 절연물에 착화하여 화재가 발생하게 된다[1,2]. 또한, 소선 접촉부에서 진동에 의한 아크로 도체가 산화하여 산화물을 형성하고 이상발열 현상[3,4]을 나타내게 된다. 본 연구에서는 전기기기의 배선으로 사용되는 전기기기용 비닐절연전선에서의 직렬 아크에 의한 열화특성을 실험하였으며, 도체 접촉부에서의 발열 특성과 절연피복의 탄화 패턴, 접촉부에서의 산화물 성장과정, 접촉불량 부위의 전압, 전류, 전력파형 분석 등을 수행하였다. 향후 지속적인 연구 수행으로 전기설비의 안전에 기여하고자 한다.

2. 실 험

실험에 사용된 전선은 전기기기기구의 내부 배선에 많이 사용되는 전기기기용 비닐절연전선(KIV) 1.25 mm²를 사용하였다. 실험에는 단상 220 V 60 Hz의 상용전원을 사용하였으며 전압조정기(Daelim Electric, Korea)를 이용하여 정밀 조정하였다. 그림 1은 실험전선의 외형을 나타낸 것으로 1.25 mm²의 전선을 5 cm의 길이로 직각으로 절단하고, 이 2개의 전선을 서로 접촉하도록 접촉시켰다. 그림 2는 직렬 아크에 의한 전선의 열화 특성을 실험하기 위한 실험장치를 나타낸 것이다. 서로 접촉한 2개의 전선

사이에서 직렬 아크가 발생할 수 있도록 아크발생장치(AG-10, KESCO, Korea)를 이용하였으며 2400 rpm로 일정한 크기의 진동을 인가하였다. 실험 부하로는 220V용 백열전구를 사용하였으며 같은 회사의 60 W와 100 W 전구를 사용하였다. 이때 실험회로의 접촉전압, 전류, 소비 전력 등 전기적 특성은 정밀전력분석계(3030A, BMI, USA)와 누설전류계(3263, Hioki, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 전선 접촉부에서의 전선피복의 열화 진행과정은 디지털 캠코더(DCR-DVD803, Sony, Japan)를 이용하여 실시간을 촬영하였다. 또한, 산화물이 성장하는 동안의 열 분포는 적외선열화상장비(TVS-8500, AVIO, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 시간에 따른 산화물의 성장 길이는 버니어캘리퍼스(CD-30C, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

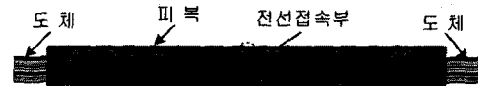


그림 1. 실험 전선의 외형

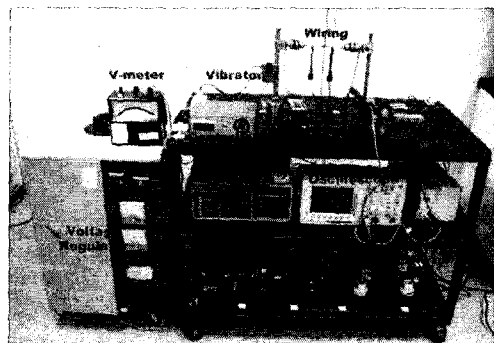


그림 2. 실험 장치의 구성

3. 실험 및 고찰

그림 3은 260 W 부하에서의 전기기기용 비닐절연전선 (KIV)의 직렬 아크에 의한 착화과정을 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 전선 접속부에서 미세한 진동에 의하여 스파크(아크)가 발생하고 이 때 발생한 열에 의해 피복은 열화 되고 도체는 산화된다. 시간이 경과함에 따라 피복의 열 열화는 촉진되어 검게 탄화하게 된다. 피복이 탄화하고 축열 되면 진동에 의해 발생한 스파크(아크)에 의해 피복이 착화되며 조그마한 진동에 의해서도 격렬하게 발화하였다. 따라서, 주위에 가연물이 있을 경우 화재 확대의 위험이 있다.

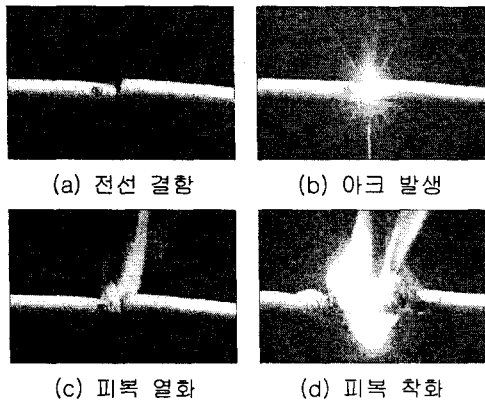


그림 3. 직렬 아크에 의한 피복의 착화 과정(260 W)

그림 4는 460 W 부하에서의 직렬 아크에 의한 전기기기용 비닐절연전선의 산화물 성장과정을 나타낸 것이다. 피복 열화 후 도체 접속부에서는 청백색의 불꽃이 발생하고 이후 황색 불꽃이 발생하였다. 이 접속부에서는 동 산화물이 성장하였으며 외부의 기계적 진동이 없어도 적열부(hot zone)와 적열로(glowing path)를 형성하면서 지속적으로 성장하여 산화물이 성장하기 시작하여 1시간이 경과한 때에 약 12.3 mm가 성장하였다.

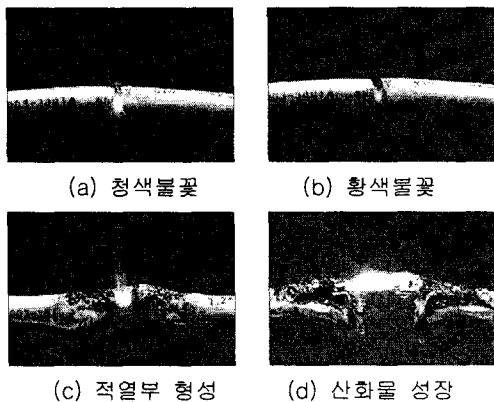


그림 4. 시간경과에 따른 접속부에서의 산화물 성장 과정

그림 5는 460 W 부하에서의 직렬 아크에 의해 산화물이 성장하고 있을 때 전선 접속부의 전기적 특성을 분석한 결과, 30분이 경과한 때의 소비전력은 15.34 W, 접촉

전압은 7.8 V로 나타났으며, 60분이 경과한 때의 소비전력은 19.14 W, 접촉전압은 9.8 V로 나타났다.

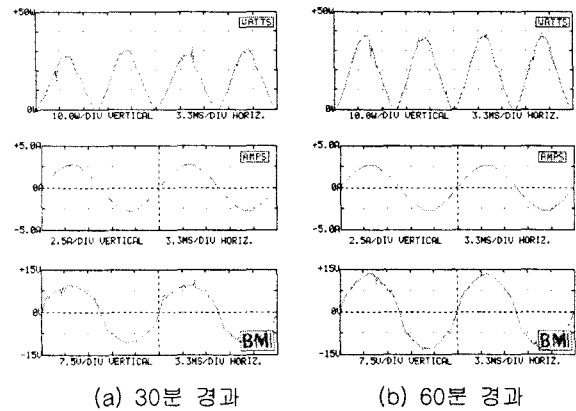


그림 5. 산화물 성장시의 전기적 특성 분석

4. 결 론

이상과 같이 전기기기용 비닐절연전선의 직렬 아크에 의한 열화 특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 직렬 아크와 발생한 열에 의해 피복이 탄화 용융되고 착화하였다. 주위에 가연물이 있을 경우 화재 확대의 위험이 있다.
- 2) 직렬 아크에 의해 도체 접속부에서는 청백색의 불꽃이 발생하였으며 점차 황색으로 바뀌었다. 황색 불꽃이 발생한 때에는 외부의 기계적 진동이 없어도 산화물은 지속적으로 성장하여 460W의 부하에서 1시간이 경과 한 후에는 약 12.3 mm가 성장하였다.
- 3) 460 W 부하에서 산화물이 성장하는 동안의 전기적 특성을 분석한 결과, 1시간 후의 접촉불량부의 소비전력은 19.14 W, 접촉전압은 9.8 V를 나타냈으며 시간에 따라 점차 커짐을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부(MOCIE)의 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Jarle Sletbak, Roar Kristensen, Hakon Sundklakk, Gunnar Navik, Magne Runde, "Glowing contact areas in loose copper wire connections", IEEE Trans., on components, hybrids, and manufacturing technology, vol. 15 No.3, 1992
- [2] John J.Shea, "Conditions for Series Arcing Phenomena in PVC Wiring", 51st IEEE Holm conference on Electrical Contacts 2005, pp.167-175. 2005
- [3] 최충석 외 5, "전기화재공학", 동화기술, pp.255-263, 2004
- [4] 김향곤, "접촉불량으로 증식되는 아산화동과 과열전선의 특성 비교, 조선대학교, pp.8-11, 17-23, 2000