



바이메탈 서모스탯의 전기화재 위험성 분석

김향곤 · 김동우 · 길형준 · 최효상*

한국전기안전공사 전기안전연구원, *조선대학교 전기공학과

Electric Fire Hazard Analysis of Bi-metal Thermostat

Hyang Kon Kim · Dong Woo Kim · Hyoung Jun Gil · Hyo Sang Choi*

Electrical Safety Research Institute(subsidiary of KESCO), *Chosun University

요 약

본 논문에서는 냉온정수기 등의 온수조의 온도 조절 및 온도과승방지를 위해 주로 사용되는 바이메탈 서모스탯 외부 표면의 오손에 따른 화재 위험성에 대하여 실험, 분석하였다. 실험 분석결과, 서모스탯 표면의 극간 간격에 관계없이 절연물 표면의 오염에 의해 절연물 표면에 누설전류가 흘러 탄화되면서 화재로 이어지는 것을 확인할 수 있었다. 바이메탈 서모스탯의 외부 오염에 의한 화재 예방을 위하여 불연성 재질의 서모스탯으로 하거나 외부 물기 등의 영향을 받지 않는 구조로 개선할 필요가 있음을 확인할 수 있었으며, 제품자체의 안전뿐만 아니라 사용 환경 등을 고려한 안전설계가 요구된다. 연구결과는 관련 규정의 개선과 바이메탈 서모스탯과 관련된 화재원인 규명에 도움이 될 것으로 기대된다.

1. 서 론

냉온정수기는 일반 가정이나 사무실, 식당 등에서 널리 이용되는 전기제품으로 정수기 내부의 필터를 통하여 정수된 물을 공급한다. 온수는 정수기 내부의 온수조에 저장된 물을 이용하며, 온수조의 온수는 온수조 내부에 설치된 시즈히터나 외부에 설치된 밴드 히터 등을 이용하여 내부의 물을 일정한 온도까지 올리게 된다. 이러한 과정 중에서 온수조의 온도를 조절하는 장치로 대부분 바이메탈 서모스탯이 사용되고 있다. 냉온정수기는 일반적으로 24시간 전원이 인가되어 있으며, 온수조의 온도에 따라 반복적으로 서모스탯과 히터가 동작하게 된다[1]. 2010년 우리나라에서 발생한 총 화재는 41,862건으로 이중 전기적 요인에 의한 것은 9,442건(22.6%)으로 집계되었다. 전기적 요인에 의한 9,442건 중 냉온정수기에서 발생한 화재는 62건으로 단락에 의한 화재가 35건, 과부하·과전류에 의한 화재가 9건, 접촉불량에 의한 화재가 11건, 누전·지락에 의한 화재가 1건, 기타 원인에 의한 화재가 6건으로 집계되었다. Table 1은 최근 4년 동안 냉온정수기에서 발생한 전기화재와 재산피해 현황을 나타낸 것이다[2-5].

Table 1. Electrical fires at household water-purifiers by year

구 분	2007년	2008년	2009년	2010년
전체 전기화재(건)	9,128	9,808	9,391	9,442
정수기 전기화재(건)	78	70	65	62
부 상(명)	1	5	1	1
재산피해(천원)	313,729	173,501	166,107	166,093

본 연구에서는 수지제 바이메탈 서모스탯의 표면 오염에 의한 화재 위험성에 대한 실험, 분석을 위하여 오손액으로 수돗물, 세탁세제 수용액, 주방세제 수용액, NaCl 수용액을 이용하여 비교 실험하였으며, 서모스탯 단자 전선의 접속 위치에 따른 불꽃 패턴에 대한 비교 실험을 수행하였다. 본 연구결과는 서모스탯을 이용하여 온도를 제어하는 장치에 있어서 습기(물기 등) 등 외부 환경적 영향에 의한 화재 위험성을 분석하고 예방 대책을 세우는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 실험방법

수지제 바이메탈 서모스탯(R type) 표면의 오염에 의한 극간 절연파괴에 의한 화재위험성에 대하여 실험을 수행하였으며, 실험에 사용된 서모스탯의 형태는 A, B, C type이다. Figure 1과 같이 단상 220V의 상용전원에서 2A(110Ω)의 저항 부하와 직렬로 실험용 서모스탯을 수직의 절연판에 고정시키고, 오염액(수돗물, 주방세제 수용액, NaCl 수용액, 세탁세제 수용액)을 1회/10초 간격으로 30cm 떨어진 위치에서 주수 분무하는 방법으로 수행하였다. 절연파괴시 접속 전선의 인입방향의 영향을 분석하기 위하여 좌우 인입(수평인입), 상하 인입(수직인입)으로 나누어 비교 실험하였다. 실험 진행과정은 디지털캠코더를 이용하여 촬영하였다. 서모스탯 표면의 극간 절연파괴에 의한 화재 위험성 분석을 위하여 4가지 종류의 오손액(수돗물, 주방세제(퐁퐁) 수용액, 세탁세제(하이타이) 수용액, NaC 수용액)를 사용하여 각각의 조건에서 화재위험성을 실험, 분석하였다. 전기전도도 측정기(EC-Meter, CM-21P, DKK.TOA Corporation, Japan)를 이용하여 각각의 오손액에 대하여 NaCl 농도(%)와 도전율, 저항율을 측정하였으며, Table 2에 측정 결과를 나타낸다.

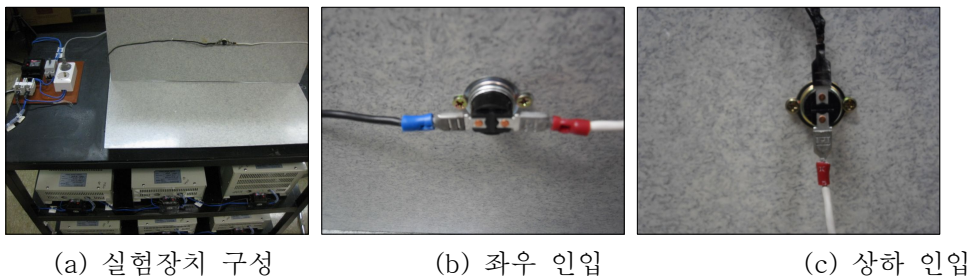


Figure 1. Experimental setup

Table 2. Electric conductivity measurements of aqueous solution

구 분	NaCl %(염수농도)	도 전 율	저 항 율
수 돛 물	0.02 [%]	0.314 [mS/cm]	3.17 [kΩ·cm]
주방세제 수용액	0.06 [%]	1.145 [mS/cm]	0.873 [kΩ·cm]
NaCl 수용액	4 [%]	88.3 [mS/cm]	11.3 [Ω·cm]
세탁세제 수용액	2.29 [%]	37.5 [mS/cm]	26.6 [Ω·cm]

Figure 2는 실험에 사용한 수지제 바이메탈 서모스탯의 외형을 나타낸 것으로 극간거리는 각각 2.99mm, 3.35mm, 6.48mm이다.

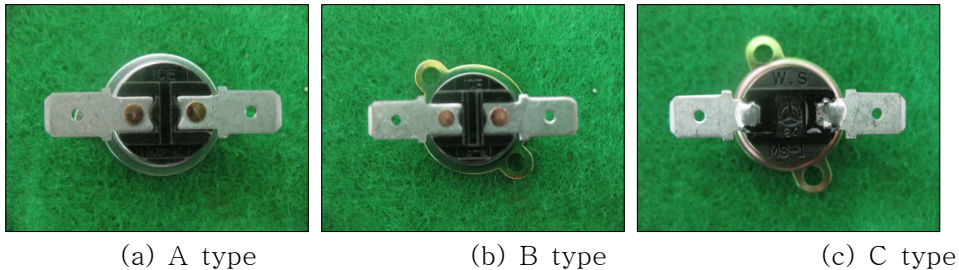


Figure 2. External shapes of thermostats

3. 결과 및 고찰

Figure 3은 좌우 전선인입시 A type의 서모스탯의 극간 절연파괴 과정을 나타낸 것이다. 양극 사이의 절연물이 절열파괴 되면서 불꽃이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 서모스탯 내부의 바이메탈의 동작에 따라 반복적으로 불꽃이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 일단, 절연파괴가 발생하면, 서모스탯이 파손될 때까지 반복적으로 불꽃이 발생하였으며, 절연물은 탄화, 손상되었다. 절연물 표면에 절연파괴가 진행된 시간은 A type의 경우 1분 14초 경과시, B type은 약 24초 경과시, C type은 4분 20초 경과시 각각 절연파괴 되었다. 3종류의 서모스탯 모두에서 극간 절연파괴에 의해 불꽃이 지속적으로 발생하였으며 화재 위험이 높음을 알 수 있었다. C type은 극간 의 거리가 넓어 넓은 면적에서 불꽃이 발생하였다.

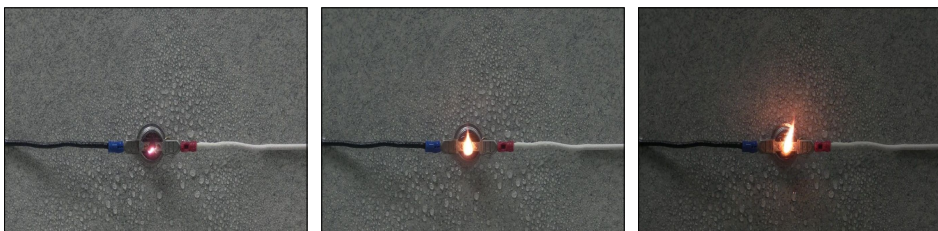


Figure 3. Breakdown process of A type(NaCl solution)

Figure 4는 전선을 상하로 인입할 때, NaCl 수용액에서의 A type의 서모스탯의 극간 절연파괴 과정을 나타낸 것이다. A type은 52초 경과시, B type은 약 24초 경과시, C type은 3분 경과시 각각 절연파괴 되었다. 3종류의 서모스탯 모두에서 극간 절연파괴에 의해 불꽃이 지속적으로 발생하였으며 화재 위험이 높음을 알 수 있었다. C type은 넓은 면적에서 불꽃이 발생하였다. 접속전선의 피복을 산화시켰으며 불꽃의 길이가 길어졌다.

상하로 인입된 A, B, C type의 서모스탯에 대하여 NaCl 수용액과 세탁세제 수용액에서의 절연파괴 진행과정을 실험, 분석하였다. 실험결과, 극간 오염물질에 의해 모두 착화하였으며 절연물이 탄화하면서 불꽃을 동반하였다. 수돗물과 주방세제 수용액에서는 극간 절연열화가 더디게 진행되었다.

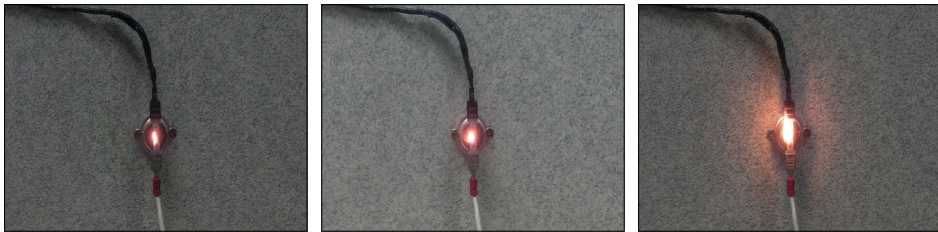


Figure 4. Thermostats surfaces after experiments(NaCl solution)

4. 결 론

수지제 바이메탈 서모스탯의 표면 오손에 의한 화재 위험성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 수지제 서모스탯 표면 오염물질에 의한 절연파괴로 화재 위험이 있음을 확인할 수 있었으며, 오손액에 따라 절연파괴의 진전시간에 차이가 있음을 볼 수 있었다. 또한, 인입전선의 방향은 서모스탯에서 발생하는 불꽃의 길이에 영향을 줄 수 있었다.
- 2) 수지제 서모스탯의 표면 오손에 의한 화재 예방을 위하여 표면에 물기가 유입되지 않는 구조로 하거나 불연성 재질로의 개선이 요구된다.

참고문헌

1. 기술표준원, K 60335-2-21(가정용 및 이와 유사한 전기기기의 안전성-제 2-21부 : 전기온수기의 개별요구사항), (2011)
2. 지식경제부, “전기재해통계분석”, (2011)
3. 한국화재보험협회, “냉온수기 화재원인과 발화 유형”, 방재와 보험, pp.42-46, (2009)
4. 박영국, 이승훈, “페놀수지로 몰딩된 바이메탈식 서모스탯의 발화위험성”, 한국화재조사학회지, Vol.11 No.1, pp.63-73, (2007)
5. 송태현, 이정일, “정수기 화재원인 감식에 관한 연구”, 한국방재학회지, Vol.7 No.1, pp.108-120, (2007)