

트래킹에 의해 열화된 차량용 시가 잭의 열확산 분포

최충석* · 김동욱**

* 전주대학교 소방안전공학과, ** 전기안전연구원 재해예방연구그룹

Thermal Diffusion Distribution of Cigar Jack for Vehicles Deteriorated by Tracking

Chung-Seog Choi* and Dong-Ook Kim**

* Dept. of Fire Safety Eng., JEONJU University, ** Electrical Safety
Research Institute

1. 서 론

전기에너지는 다른 어떤 에너지보다 에너지 활성도가 높고 효율성이 우수하기 때문에 제어를 잘못하는 경우 단락, 과부하, 접촉 불량, 누전, 반단선, 트래킹 등에 의한 사고를 유발시킬 수 있다. 일반적으로 전기 에너지를 이용하는 기계 기구에서 발생하는 화재를 발화원으로 분류하면 전기를 이용하는 전기배선 및 전기기구에 의한 출화, 누전 경로에 의한 출화, 정전기 불꽃에 의한 출화 등으로 나누어진다. 누전에 의한 출화는 출화 개소 부근이 누전경로를 형성할 수 있는 개소인지 어떤지를 검토하여 혹시 그렇다면 어느 곳에서 전기가 누설(누전점)되어 어느 접지물(접지점)에 흘러 출화 개소(출화점)가 그 경로를 구성하는지를 객관적으로 입증함으로써 출화 원인을 판정한다. 접지점을 한정하는 것은 쉽지 않지만, 이 경우에는 출화점을 구성하는 금속부재가 접지되어 있는 것을 입증하면 된다.¹⁻³⁾

에너지 변환 효율이 높고 제어가 용이한 전기에너지는 사용의 범위와 대상이 다양하게 확대되고 있으며 대표적인 분야 중의 하나가 자동차이다. 차량의 전기 시스템은 교류발전기(alternator)에서 전기에너지를 발생시켜 배터리(battery)에 화학에너지로 변환하여 저장하여 차체의 다른 전기부품으로 전기에너지를 전달하는 기능을 수행한다. 자동차의 배선회로는 전기에너지원(power source), 도선(conductor), 단자(terminal), 퓨즈(fuse)와 같은 회로 보호기(circuit protector), 과전류가 흐를 때 회로를 차단하는 퓨저블 링크(fusible link) 회로 차단기(circuit breaker), 접속기(connector), 스위치(switch), 부하(load), 접지(ground) 등이다. 일반적으로 차량의 전기시스템에 사용되는 배선의 총연장은 약 1,500m

이다.^{4,5)}

최근 전기, 전자, 정보 및 통신의 급속한 발전은 지리정보시스템(GPS; Global Position System), 디지털다중방송(DMB; Digital Multimedia Broadcasting), MP₃(medium playing record), DVD(digital video display) 및 하이패스단말기(High Pass Terminal) 등이 차량에 탑재되어 사용할 수 있도록 판매되고 있다. 이와 같은 추가 전기시스템의 전원은 시가 잭이나 파워 아웃렛으로 잭을 이용하여 공급받게 된다. 운전자들의 편의에 따라 이들 용품을 동시에 사용하고자 할 때 연결 소켓이 부족하게 되므로 멀티 소켓을 시가 잭에 별도로 장착하여 사용하고 있다. 그런데 운전자가 시가 잭 주변에 커피, 물 등의 액체를 부주의로 었지르는 경우 그 액체가 시가 잭에 흘러 들어가 누전경로가 형성되면 사고의 발생 가능성이 있다.^{6,7)}

따라서 본 연구에서는 차량용 시가 잭의 실태를 조사하였으며, 실차와 유사한 환경에서 시가 잭에 누설전류가 흘렀을 때 예상되는 열확산 분포를 밝힘으로써 유사사고의 예방 및 화재조사 원인 규명의 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 차량용 시가 잭의 종류

표 1은 국내에 시판되고 있는 차량의 시가 잭의 장착각도와 등급을 나타낸 것이다. 차종에 따라 다양한 장착각도로 장착되고 있음을 알 수 있고, 등급 역시 특별한 차이가 없는 것으로 조사 되었다. 가장 보편적으로 사용되는 방식은 사용자의 편의성을 고려하여 대각선 형태(경사형)인 것으로 확인되었다.

표 1. 차종에 따른 시가 잭의 장착 각도 [단위: °]

차 종	장착각도	등 급	범위	차 종	장착각도	등 급	범위
NF 쏘나타	0	대형	0 ~ 20	뉴 EF 쏘나타	25	대형	21 ~ 50
EF 쏘나타	0	대형		벤츠 E320	25	고급형	
투스카니	0	대형		아반테 HD	30	중형	
투싼	0	RV		프라이드	30	소형	
젠트라	5	소형		쏘나타 II	32	대형	
무쏘	12	RV		TG 그랜저	35	고급형	
뉴 SM3	15	중형		에쿠스	35	고급형	
베르나	20	소형		SM 5	40	대형	
SM 7	60	고급형		아우디 A8	42	고급형	
렉서스 ES300	68	고급형		오피러스	45	고급형	
모닝	90	RV	토스카	45	대형		
엑티언	90	RV	체어맨	50	고급형		
혼다 레전드	90	고급형	그랜드 카니발	50	RV		
BMW 735Li	90	고급형	렉스턴	50	RV		

3. 실험 장치

차량용 배선의 피복이 소손되고 이물질이 유입되어 배선 사이에 트래킹, 누설 전류, 단락 등이 발생할 때 발생하는 열 및 방전 등에 의해 사고가 재현되도록 차량의 운행 조건과 유사한 회로를 그림 1과 같이 구성하였다. 전원은 차량용 12V 배터리를 사용하였고, 퓨즈는 정격전류 15A이다. 부하는 무부하 상태 즉 대기모드(standby mode)인 상태에서 시동용 열쇠(key)를 켜짐(ON)으로 하고 화염 발생 유무에 대한 실험을 실시하였다. 사용된 시가 잭은 시판되는 ○○○승용차에 장착되어 있는 것을 발취하여 실험에 적용했으며, 임의로 변형 또는 개선 등이 없는 상태에서 실시하였다. 실험실의 온도는 상온 $21\pm 2^{\circ}\text{C}$, 습도는 $50\pm 5\%$ 에서 실시하였다. 실험의 신뢰도와 정확한 데이터 취득을 위해 오실로스코프(TDS-3052, Tektronics, USA)를 이용하여 전류의 흐름을 실시간으로 측정하였고, 시가 잭 주위의 열확산 패턴은 열화상카메라(TVS-8500, AVIO, Japan)를 이용하여 입체적으로 해석하였다. 또한, 소손된 시가 잭의 절연저항은 멀티미터(Multimeter, HC-260TR, Protek, Korea)를 이용하여 측정하였고, 소손의 형태는 실제 사진으로 제시하였다.

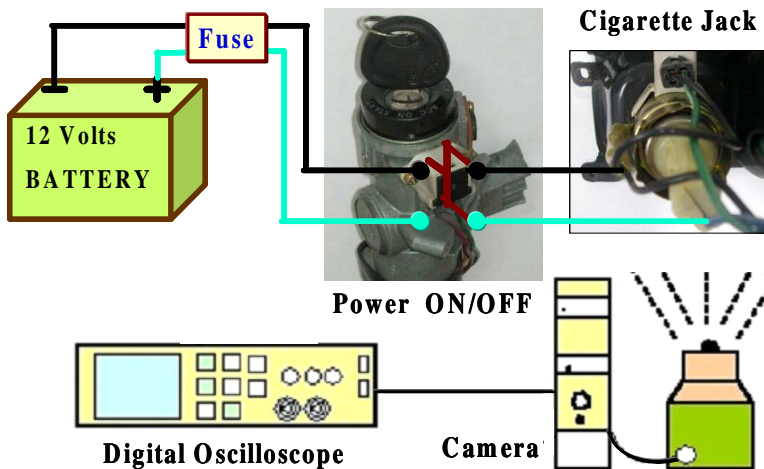


그림 1. 트래킹에 의해 생성되는 열패턴 분석을 위한 실험의 개략도

4. 결과 및 고찰

4.1 시가 잭의 실제 분석

차량용 시가 잭은 그림 2와 같은 형태로 차량에 장착되어 사용된다. 차량의 중

류에 따라 장착되는 형태도 수평형, 경사형, 틸트형, 수직형 등으로 나눌 수 있다. 그림 2(c)는 시가 잭 외형을 분해한 것으로 내부 소켓, 전원 연결 케이스, 고정 원형 와셔 등으로 구성되어 있다. 그림 2(d)는 시가 잭 내부의 구성 부품을 나타낸 것으로 팁(+극), 금속 와셔(2개), 절연체(페이크라이트), 세라믹 절연체(+전극 지지대), 금속 케이스(-극) 등으로 구성되어 있음을 나타낸다.



(a) 차량에 연결된 시가 잭



(b) 시가 잭의 외형



(c) 시가 잭의 외형 분해

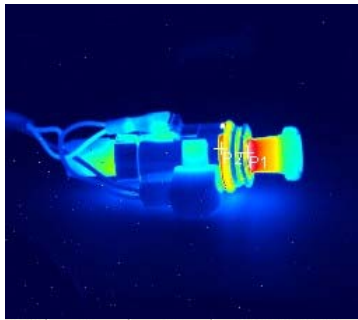


(d) 시가 잭의 내부 분해

그림 2. 차량에 장착된 시가 잭의 실제 사진

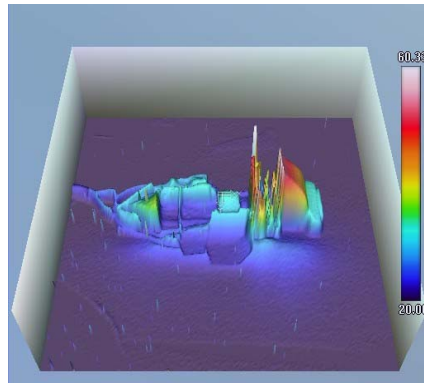
4.2 시가 잭의 열확산 패턴 분석

그림 3은 정상 시가 잭의 열확산 패턴을 분석하기 위해 나타낸 것이다. 무부하 상태 즉 대기모드(standby mode)인 상태에서 시동용 열쇠(key)를 켜짐(ON)으로 하고 시가 잭을 삽입하였을 때의 열확산 패턴을 열화상카메라(TVS)를 이용하여 나타낸 사진이다. 그림 3(a)는 2차원(2D) 평면 사진을 나타낸 것으로 외부에서 측정되는 최고 온도는 약 59°C이며, 그림 3(b)는 3차원(3D) 입체 사진으로 최고 온도는 60°C로 확인되었다. 일반적으로 전기배선 및 기기의 허용온도가 65°C이므로 규정 값 이내를 보이고 있다.⁸⁾



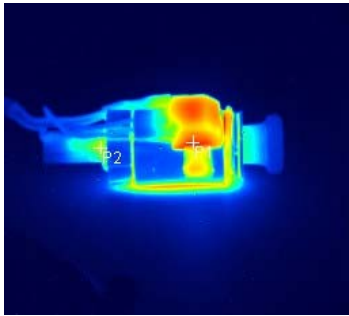
No	X	Y	Temperature
P1	173	109	58.80
P2	154	106	52.45

(a) 2D image

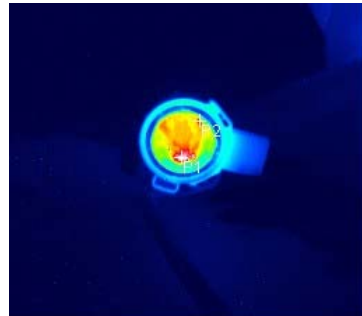


(b) 3D image

그림 3. 정상 시가 짝의 열확산 분포

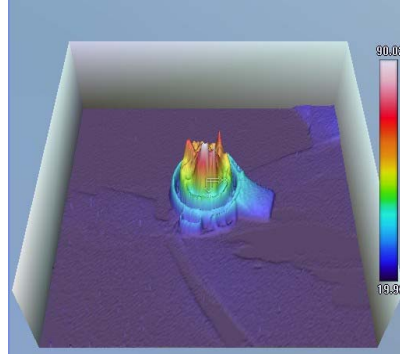
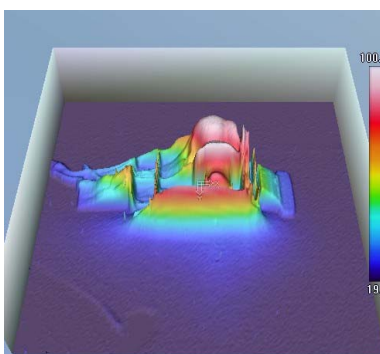


No	X	Y	Temperature
P1	139	105	90.35
P2	71	109	74.50



No	X	Y	Temperature
P1	124	115	89.63
P2	137	88	82.91

(a) 2차원 열확산 패턴



(b) 3차원 열확산 패턴

그림 4. 시가 짝에 트래킹이 발생될 때 생성된 열에 의한 열확산 패턴

그림 4는 시가 잭의 표면이 오염되어 누설전류가 흘렀을 때 발생하는 열에 의해 형성되는 열확산 패턴을 분석하기 위해 나타낸 것이다. 무부하 상태 즉 대기 모드(standby mode)인 상태에서 시동용 열쇠(key)를 켜짐(ON)으로 하고 시가 잭의 내부에 이물질(물)이 흘러들어가 약 4 시간 동안 누설전류가 흘렀을 때의 열확산 패턴을 나타낸 것이다. 그림 4(a)와 그림 4(b)는 2차원(2D)의 열확산 패턴 해석으로 약 90℃까지 상승함을 알 수 있다. 정상 상태에서의 최고 온도 59℃에 비해 약 30℃ 높은 값으로 나타났다. 그리고 그림 4(c)와 그림 4(d)는 3차원(3D) 입체 사진으로 최고 온도는 100℃ 정도까지 상승하는 것으로 확인되었다. 정상 상태의 최고 온도 60℃에 비해 약 40℃ 높은 값을 나타냈다. 즉 전기 설비 또는 전기기기의 허용최고온도인 65~80℃보다 높다는 것은 이물질이 유입되어 적절하게 처리되지 못하면 시가 잭의 기능 상실 또는 사고의 위험 가능성이 있음을 예측할 수 있다.

5. 결 론

차량의 시가 잭의 설치 형태를 조사하고, 실차와 유사한 환경에서 시가 잭에 누설전류가 흘렀을 때 예상되는 열확산 분포를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 차량용 시가 잭은 차량의 종류에 따라 장착되는 형태도 수평형, 경사형, 틸트형, 수직형 등으로 나눌 수 있다. 시가 잭 내부의 구성 부품을 나타낸 것으로 텃(+극), 금속 와셔(2개), 절연체(페이크라이트), 세라믹 절연체(+전극 지지대), 금속 케이스(-극) 등으로 구성되어 있다.
- (2) 정상 시가 잭의 열확산 패턴을 분석에서 2차원(2D) 평면의 최고 온도는 약 59℃이며, 3차원(3D) 입체 사진으로 최고 온도는 60℃로 확인되었다.
- (3) 시가 잭의 표면이 오염되어 누설전류가 흘렀을 때 2차원(2D)의 열확산 패턴 해석으로 약 90℃까지 상승함을 알 수 있다. 그리고 3차원(3D) 입체 사진으로 최고 온도는 100℃ 정도까지 상승하는 것으로 확인되었다. 정상 상태의 최고 온도 60℃에 비해 약 40℃ 높은 값을 나타냈다.

참고문헌

1. 최충석 외 5, “전기화재공학”, 도서출판 동화기술, pp. 189~198, 202, 2004.
2. 최충석 외2, “과전류에 의해 용단된 소선의 특성 해석에 관한 연구”, 한국산업안전학회 논문지, Vol.19, No.1, pp.60-65, 2004.3.

3. 최충석 외2, “외부화염에 의해 소손된 비닐코드의 단락 특성에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.18 No.4, pp.72-77, 2004.12
4. 東京消防廳, 新火災調査教本 第8巻 車輛火災編, pp.105~114, 2007.
5. 선우 명호 외3 공역, “자동차동학”, pp.236~248, 인터비전, 2004.
6. KS R ISO 8820-1, “도로차량 -퓨즈링크-제1부 : 정의 및 이란 시험 요구 사항”, 2003.
7. KS R ISO 8820-2, “도로차량 -블레이형 퓨즈 링크-제2부 : 치수”, 2003.
8. 최충석 외2, “열 열화된 600V 2중 비닐절연전선의 특성 변화 분석”, 대한전기학회논문지, Vol.49C, No.1, pp.8-12, 2000.