

자동차 임의배선에 의한 화재발생 가능성 연구

Study on the Possibility of Car Fire by Arbitrary Electrical Wiring

김 민 · 윤장수

Kim Min · Yoon Jang Soo

요 약

자동차 수의 증가와 함께 자동차 화재 또한 꾸준한 증가 추세에 있다. 본 연구에서는 자동차 화재의 여러 요인들 중 자동차 출고 이후에 사용자에게 의하여 변형된 부분, 즉 자동차 튜닝으로 인하여 화재가 발생할 가능성을 입증하고자 하였다. 실험 결과 전 조등의 밝기를 향상시키기 위한 교체, 멀티시거잭 배선의 허용전류를 초과하여 전기장치를 사용하는 경우, 전선의 손상, 그리고 시중에서 튜닝용으로 구입하여 사용하는 전기배선의 취약성 등이 화재 가능성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

There is an increasing number of car fires along with the increasing numbers of cars. The purpose of this study was to verify the possibility of fires caused by car tuning, which is one of the causes of car fires. The result showed that the possibility of car fires was increased by car tuning including replacement of headlights, excess of allowable current of wires or fuses by using multi cigar jacks, wire damage, earth fault, and vulnerability of wires and cables (sold in auto parts stores) to heat.

Keywords : Car Fires, Car Tuning, Arbitrary Electrical Wiring, headlight, multi cigar jack, wires and cables

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

2010년 1월말 현재 우리나라 자동차 등록대수는 총 17,376,903대이다. 1999년 말의 전체 자동차 등록대수는 11,163,728대이므로 이후 10년 동안 6,213,175대가 늘어나 1999년 대비 약 55.66 %가 증가한 셈이다. 이 중 자가용 차량은 16,376,615대로써 전체의 94.24 %에 이르고 있으며, 전라북도에서도 이와 유사한 비율(총 685,299대 중 자가용 647,847대 - 94.53 %)을 보이고 있다.

이러한 자가용 차량의 증가는 국민 소득수준의 향상과 더불어 주5일제 근무의 확산으로 인한 생활패턴의 변화로 보다 나은 여가생활을 영위하기 위한 것으로 해석되며, 자동차는 이미 이용 빈도나 시간에 있어서 우리 일상생활에 꼭 필요한 생활필수품으로 자리 잡았다 해도 과언이 아니다.

〈표 1-1〉 연도별 자동차 등록대수 현황

(단위 : 대)

구분 \ 연도	'99년	'01년	'03년	'05년	'07년	'09년	'10년 1월말
전 체	11,163,728	12,914,115	14,586,795	15,396,715	16,428,177	17,325,210	17,376,903
자 가 용	10,550,225	12,193,837	13,780,768	14,555,187	15,496,374	16,330,410	16,376,615
전라북도	443,822	509,148	567,026	597,650	638,270	683,103	685,299
자 가 용	418,337	480,059	535,811	565,758	603,903	645,993	647,847

▶ 10년 전 대비 전국 6,213,175대(55.66 %) / 전북 241,477대(54.41 %) 증가함.

* 차량 구분 : 전체 = 자가용 + 관용 + 영업용

[자료 : 통계청, 한국통계월보 + 자동차등록대수(국토해양부 작성) 편집]

이렇게 자동차의 보급률이나 이용 빈도가 증가하는 것은 그만큼 사고의 발생가능성이 증대된 것이라 할 수 있다. 자동차와 관련된 사고라면 교통사고만을 언급하기 쉽지만, 자동차화재 또한 빈번하게 발생하고 있다. 자동차화재의 경우 최근 3년간 17,798건이 발생하여 우리나라 전체 화재 144,831건 중 12.29 %를 점유하고 있다. 아래 〈표 1-2〉에서 보는 것과 같이 범위를 전라북도로 축소할 경우 14.76 %로 증가하며, 전주덕진소방서 관할지역으로 축소하게 되면 차량화재의 점유율은 더 높아짐을 알 수 있다.

〈표 1-2〉 최근 3년간(2007~2009년) 차량화재 발생건수

(단위 : 건)

	전체 화재	차량화재	
		발생건수	전체 화재 점유율
전 국	144,831	17,798	12.29 %
전 북	5,421	800	14.76 %
전주덕진소방서	729	133	18.24 %

[자료 : 국가화재정보시스템, 발화요인/장소별 화재건수]

최근 3년간 전국 차량화재 평균 발생건수(5,932.67건)를 동 시기 자동차 등록대수의 평균(16,849,202대)과 비교해보면 매년 차량 1만대 당 3.5대의 차량에서 화재가 발생하는 것이다.

자동차화재는 차량 자체의 화재에 국한되는 것만이 아니라 방화 등 범죄행위나 건축물로의 연소 확대, 인명피해 발생 등과 연관되어 그 피해 정도가 확대될 수 있으며, 이로 인하여 보다 철저한 화재원인 규명이 요구된다. 자동차화재가 발생하게 되는 주요 원인⁶⁾을 보면 기계적 요인, 전기적 요인, 방화, 교통사고 등이 있으며, 본 연구에서는 그 중 전기적 요인에 의해 발생하는 자동차화재에 대해 연구해봄으로써 화재조사기법 발전에 기여하고, 연관된 자동차화재에 대한 대책을 제시하고자 한다.

1.2. 연구의 대상 및 범위

화재의 특성 상 한 가지 특정 원인에 의해서만 화재가 발생하는 경우는 드물다. 화재에는 다양한 원인들이 복합적으로 작용하며, 동일한 조건 하에서도 100 % 동일한 결과가 도출되지도 않는 만큼 확실한 예측이 불가능하다. 자동차화재 또한 마찬가지이다.

자동차는 수천 번 이상의 테스트를 거쳐서 출고된다. 본 연구에서는 다른 원인변수의 개입을 배제하기 위해 출고 상태 그대로의 자동차는 완벽한 상태라고 가정하고, 출고 이후에 변형된 부분, 즉 임의배선의 전기적 이상 발생으로 인한 화재가능성만을 연

6) 발화요인은 발화열원과 최초 착화물이 결합하여 화재가 발생하게 된 요인을 말한다. 발화요인은 전기적 요인(누전·지락, 단락 등), 기계적 요인(과열, 과부하 등), 가스누출, 화학적 요인, 교통사고, 부주의, 자연적 요인, 방화 등으로 분류된다. 국가화재분류체계 매뉴얼(소방방재청, 2006)

구의 대상으로 하였다.

또한, 자동차에서 사용하는 전기장치가 다양한 만큼 임의배선을 사용할 수 있는 부분도 광범위하여, 본 연구에서는 설문조사를 통해 주로 튜닝(Tuning⁷⁾하는 자동차용품들을 파악하고 자동차용품점에서 주로 취급하는 제품들만을 연구의 범위로 하였다.

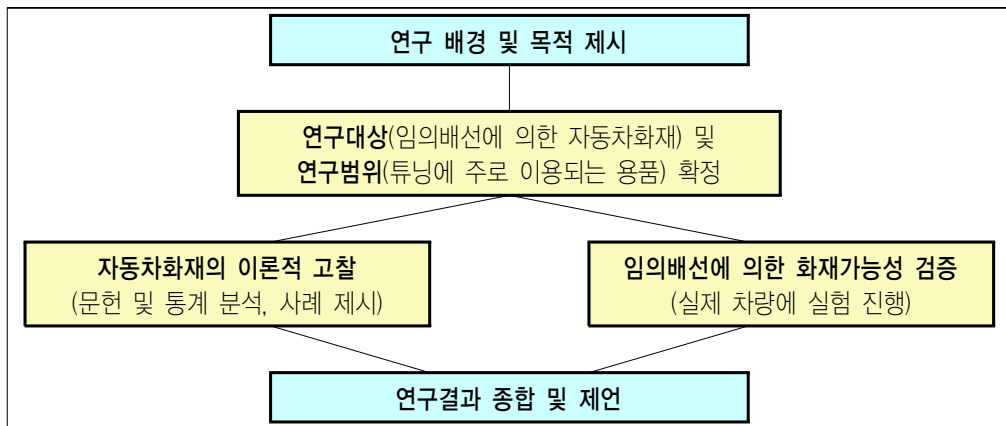
1.3. 연구의 순서 및 방법

우선적으로 연구의 범위를 확정하기 위하여, 전주덕진소방서 소속 직원들과 자동차동호회원들을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

관련 문헌자료 고찰을 통해 자동차 전기장치 및 자동차화재의 특성 등에 관한 이론적 근거를 제시하였으며, 소방방재청 및 국가화재정보시스템의 통계자료를 수집, 정리, 분석하였다.

자동차 튜닝을 위해 전기배선에 인위적 변화를 가한 경우 배선 연결부위 또는 추가적으로 설치한 배선 등에 발열 현상 등으로 인한 화재발생 가능성을 파악하기 위해 실제 운행이 가능한 차량에 실험을 진행하여 그 결과를 도출하였다.

본 연구의 과정을 요약하면 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 연구의 흐름도

7) 튜닝(Tuning) : 조율·개조가 기본 뜻. 정비와는 달리 사용자의 취향 또는 목적에 따라 기성 제품 외관을 바꾸거나 성능을 변화시키는 것을 말한다. 1990년대 중반부터 자동차, PC 등에 유행했으며 최근에는 대부분의 생활용품으로 번지고 있다. - 이봉우, 최영석, 김택진, 박경준. “자동차 튜닝 실무”, 2008.

2. 이론적 고찰 및 전기배선에 의한 자동차 화재 사례

2.1. 자동차 전기장치의 특징 및 화재 특성

2.1.1. 자동차 전기장치의 특징

자동차 전기장치는 일반적인 전기회로와는 달리 전원에서 장치까지 하나의 선으로 배선되며 각 장치는 엔진 및 차체의 금속부에 접지되는 경우가 있으므로 되돌아오는 배선을 생략하고 차체를 마이너스(-) 회로로 사용하는 단선식⁸⁾ 배선이 사용된다.

이러한 방식은 배선이 간단하며 부착 작업이 용이하고 단가 면에서도 유리하지만, 배선과 차체의 금속과의 단락을 일으키기 쉽고, 장치의 접지가 불완전하여 도통 불량 이 발생되기 쉽다는 단점이 있다.

자동차의 모든 전기장치는 배터리(Battery)와 발전기(Alternator)로부터 전기 공급 을 받게 되는데 이 때 회로 내의 배선에 합선 또는 단락, 피복손상 등이 나타나면 불꽃이 발생하게 되고 또한 회로 내에 허용전류를 초과하는 과부하가 걸리게 되면 과전 류가 흐르면서 배선과열에 의한 단락 또는 피복손상을 동반하게 된다.⁹⁾ 특히 엔진룸 에 위치한 전기배선은 운행 중 상존하는 진동 및 엔진부의 발열, 교통사고 시의 고속 충격 등 각종 가혹한 환경에 그대로 노출될 수 있어 절연피복과 소켓(컨넥터)의 손상 가능성이 상당히 높다고 할 수 있다.¹⁰⁾

2.1.2. 자동차 전기화재의 특성

자동차는 일반적으로 사방이 개방된 실외에서 운행 및 존치하는 것이 일반적이나, 특 성 상 그 내부에 운행을 위한 연료(휘발유, 경유, LPG)와 각종 가연성 내장재(시트 및 계기판 등), 전기장치 등을 포함한 채 하나의 독립된 공간 또는 개체로 존재한다 할 수 있을 것이며, 자동차화재 중에서도 특히 전기적 요인으로 발생한 화재는 그 유발요인이 외부적인 것이라 할지라도 결국은 자동차 내부의 전기장치에 의하여 발생하는 것으로, 내부에 탑재된 연료 및 가연성 내장재 등과 밀접한 관련이 있다 할 것이다.

8) 부하의 한 끝을 외부에 접지하는 방식

9) 강승모·안병준, “자동차화재감식에 관한 연구”, 『한국산업안전학회 2004년도 학술대회논문집』, pp.3-9

10) 이종원·임황근·김현노·이기희, “자동차 전기화재에 대한 실험 및 연구”, 『2007 화재조사논문집』, 경기도 소방본부, pp.154

자동차 전기화재의 주 발화열원으로는 전기배선의 단락에 의한 전기적 아크(Arc)¹¹⁾를 들 수 있으며, 전기배선 단락의 발생 원인으로는 교통사고 등 외력에 의한 배선 계통의 파손, 진동에 의한 접촉 불량, 엔진 발열 및 과부하에 의한 전선피복의 절연열화 진행 등을 들 수 있다.

2.2. 전기배선에 의한 자동차 화재 사례

2.2.1. 전조등 배선의 이상에 따른 자동차 화재 사례

- 일 시 : 2009.10.05. 20:51
- 장 소 : ○○구 ○○동 ○○-○○ ○○나이트클럽 옆 도로상
- 대 상 물 : 차량(○○ ○○중, 21어○○○○)
- 화재원인
 - 발화열원 : 전기적 스파크
 - 발화요인 : 접촉 불량
 - 최초착화물 : 전선피복, 배선 등

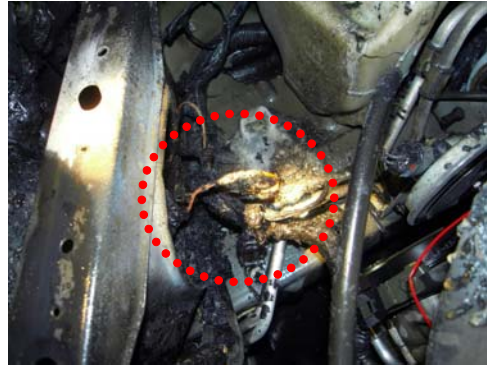
<개 요>

운전자가 차량 주차 후 내리자마자 조수석 앞 라이트부분에서 연기와 불꽃이 발생하여 119에 신고한 것으로, 차량 조수석 앞 전조등 부분에 한정하여 발화했으며, 평소 라이트가 On, Off를 반복했다는 운전자의 진술과 라이트 배선이 소실되어 탄화된 점등으로 보아 화재는 접촉 불량에 의한 전기적 스파크가 전선 피복에 착화 발화되어 발생된 것으로 추정됨

11) 흔히 합선, 단선 또는 쇼트(Short)라고도 한다. 이는 전선의 절연피복이나 소켓(컨넥터)이 손상되어 동선 상호(+, -)가 서로 접촉한 경우, 즉 자동차의 배선(+)과 차체(-)의 접촉에 의하여 발생하며, 저항이 대단히 작기 때문에 고전류가 흘러 접촉부분에서 빠지직 하는 소리와 함께 불꽃(=전기적 아크)이 발생한다. ≡ 아크 방전



〈그림 2-1〉 화재차량-좌우전조등 비교



〈그림 2-2〉 전조등 배선 소실흔

2.2.2. 엔진룸 내 전기배선의 이상에 따른 자동차 화재 사례

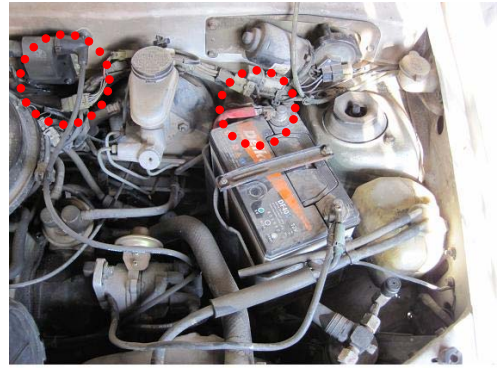
- 일 시 : 2010-02-01 14:44:43 ~ 14:55:58(완진)
- 장 소 : ○○구 ○○동 1536 ○○초등학교 옆 도로상
- 대 상 물 : 차량(○○ ○○종, 전북36가○○○○)
- 화재원인
 - 발화열원 : 전기적 스파크
 - 발화요인 : 미확인단락
 - 최초착화물 : 전선피복, 배선 등

〈개 요〉

운전자가 주차 후 차량을 떠난 뒤 10분 이내에 행인이 차량 액셀러레이터 페달 부근에서 시작된 작은 불꽃을 발견하여 119에 신고한 화재로, 엔진룸 내 전기 계통의 이상으로 인한 단락 발생으로 앞좌석 쪽으로 연결된 전기 배선 등에 착화되어 차량 내부로 연소 확대된 화재로 추정됨.



〈그림 2-3〉 화재차량의 발화목적지점



〈그림 2-4〉 배터리 터미널 옆 배선 탄화

3. 설문조사

3.1. 사전 설문조사

실험에 앞서 연구 범위 설정 및 실험설계를 위한 정보 수집을 위해 설문조사를 실시하였다. 설문 기간은 3월 22일부터 4월 16일까지이며, 전주덕진소방서 전 직원 201명(휴직자 포함)과 자동차 동호회원들을 대상으로 구글오피스를 이용한 온라인 설문조사를 실시하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

3.1.1. 인구통계학적 내용

총 응답자는 410명으로 이 중 172명(41.85 %)이 전주덕진소방서 직원이고 238명(58.05 %)은 ○○자동차 ○○종 동호회(www.○○.co.kr) 회원들이다. 남성이 391명(95.37 %), 여성이 19명이며 이들 중 기혼자가 314명(76.59 %)이다. 연령별로는 30대가 214명(52.20 %)으로 가장 큰 비율을 차지하고 있으며, ○○ 동호회원들을 제외하고 전주덕진소방서 직원들 중에서는 준중형급 승용차량을 소유하고 있는 사람들이 80명(172명 중 46.51%)으로 가장 많았다. 차량에 추가적으로 설치하여 사용 중인 전기장치로는, 복수응답 결과, 내비게이션(335명), 원격시동장치&경보기(172명), 하이패스 단말기(168명), 차량용 충전기(120명), 조명장치(101명), 온열시트(72명), 오디오&앰프(69명) 순으로 많았다.

3.1.2. 자동차 튜닝 관련 설문 결과

자동차 튜닝에 대해 ‘어느 정도 필요하다’는 의견이 261명으로 가장 많았고 ‘꼭 해야 된다’는 의견도 4명이 있어서 전체 응답자들 중 약 65 %가 자동차 튜닝에 대해 필요성을 느끼고 있는 것으로 나타났다. 실제로 208명의 응답자가 본인 소유의 자동차에 튜닝을 한 적이 있다고 응답하였으며, 이들 중 109명은 튜닝 전문 업체에 맡기지 않고 직접 튜닝작업을 하였다고 응답하였다.

3.1.3. 설문 결과 활용

소유 비율이 가장 높은 것으로 나타난 준중형급(배기량 1500~1600 cc) 승용차량¹²⁾을 실험 차종으로 결정하였으며, 출고 이후에 사용자가 추가적으로 설치하여 사용 중인 전기 장치로 응답자가 많은 장치 중 전력소비량이 높은 조명장치와 온열시트를 실험 대상으로 선정하여 실험을 설계하였다.

4. 임의배선에 의한 화재 가능성 실험

4.1. 실험 개요

실험은 총 4차례 진행하였다. 자동차 배선의 통전 시 온도변화와 과전류에 의한 변화를 확인하기 위한 기초실험을 전주비전대학 자동차실습장에서 실시하였으며, 이후 본 실험은 팔복119안전센터와 중앙소방학교 소방과학연구실에서 실시하였다.

실험 목적은 차량 출고 이후에 사용자가 임의로 설치한 전기배선 및 전기장치 등에 의해 화재가 발생할 가능성을 입증하는 것이다.

차량에 튜닝을 한 208명 중 109명이 튜닝 전문업체가 아니라 본인이 직접 튜닝작업을 하였다는 설문 결과에 주목하였다. 튜닝 전문 업체에 비해 개인 작업 시 상대적으로 위험성이 증가할 것이라는 점에 착안하였다.

실험의 신뢰성을 높이기 위해 실험에 사용한 재료는 모두 자동차용품 판매점에서 일반인들에게 주로 판매하는 제품으로 구입하거나 실제 차량을 직접 이용하였으며 실험사항은 다음과 같다.

12) 자동차 동호회원 응답 배제 시

- ① 전조등에 55 W 전구 대신 90/100 W 전구를 설치하는 경우의 위험성 검증 실험
- ② 접지불량에 의한 화재 가능성 검증 실험
- ③ 시거잭 소켓에 멀티시거잭을 연결하여 여러 전기장치들을 동시에 사용하는 경우의 위험성 검증 실험
- ④ 전선의 손상에 의한 화재 가능성 검증 실험
- ⑤ 임의배선의 내열 실험

4.2. 기초 실험

일 시 : 2010. 3. 18(목) 10:30 ~ 12:00
 장 소 : 전주비전대학 자동차과 자동차실습장 내
 실험내용 : 통전 시 전선의 온도 변화 및 과전류 시의 전선의 변화 확인
 준비물 : 자동차용 배터리(12V, 120A), 원격 온도측정기, 아반떼 엔진(1500cc, DOHC 16V), 시동모터, 점프선, 자동차용 전선³⁾, 차량진단시스템(Hi-DS IB2000, 할로겐램프(12V, 100/80W), 전압·전류 측정용 멀티테스터

4.2.1. 통전 시의 온도 변화 측정

12V 자동차용 배터리에 시동모터를 저항체로 하고 실험용으로 준비한 자동차용 전선을 연결하여 <그림 4-1>과 같은 회로를 구성하였다. 통전 시 전선 내에 발생하는 줄열에 의한 이상 가능성을 확인하고자 회로에 전류가 흐르게 하고 전선 일부의 피복을 제거한 채 2차례 온도를 측정하였다.



<그림 4-1> 전선 온도 측정

13) 규격 : KS C IEC 60227-3 60227 KS IEC 08 0.75 mm²

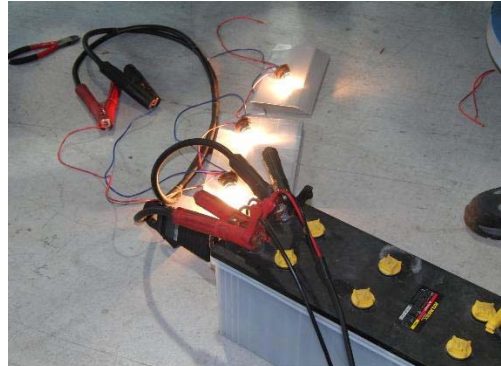
통전 시 통전 전에 비해 온도가 약 21 % 상승한 것으로 나타났으나 주위 환경 및 실험기기 미비로 신뢰할 만한 측정치를 얻지는 못하였다.

4.2.2. 과전류 통전 시 전선의 변화 관찰

자동차 엔진은 시동 시 큰 힘이 필요하여 순간적으로 최대 200 A의 전류가 발생한다. <그림 4-2>에서 보는 것과 같이 아반떼 엔진(1500 cc, DOHC 16 V형식)에 배터리와 실험용 전선을 연결하고 엔진에 시동을 걸었을 때 곧바로 전선이 용융됨을 알 수 있었다.



<그림 4-2> 과전류 통전 실험 1



<그림 4-3> 과전류 통전 실험 2

<그림 4-3>에서는 100 W 전구 3개를 자동차용 배터리에 병렬로 연결하였다. 이 경우 전선에는 총 25 A의 전류가 흐르게 된다. 실험에 사용한 전선은 자동차용 배선으로 시중에서 판매하는 것으로 허용전류가 10~15 A이기 때문에 허용전류를 훨씬 상회하게 되는데, 육안으로 보기에 아무런 문제도 발생하지 않았다. 전선이 손상되었을 경우를 가정하여 전선의 일부를 잘라내고 소선을 2~4가닥만 남긴 상태에서 전원을 연결하자 소선이 타들어가면서 전원이 차단되었다.

4.2.3. 기초실험의 결과 및 고찰

12V 자동차용 배터리를 이용한 통전 시에 온도 변화는 크지 않았다. 전기 배선의 경우 줄(Joule)열로 인한 에너지의 손실을 최소화되도록 설계하기 때문인 것으로 사료

되며, 정상 상태에서의 전선에서는 통전 시에 발생하는 열로 인한 화재 가능성이 낮다는 결론을 내렸다.

전선에 과전류가 흐를 경우에는 전선이 쉽게 손상되었다. 12 V의 낮은 전압에서도 과전류 발생 시에 화재가 발생할 수 있다는 가능성을 확인할 수 있었다.

4.3. 본 실험 1

일 시 : 2010. 4. 8(목) 10:00 ~ 15:00
장 소 : 팔복119안전센터 후정
실험내용 : 전조등 교체, 멀티시거잭 이용 시 등의 화재가능성 검증
준비물 : 중고 자동차(1995년식 아반떼), 온·습도계, 자동차용 전선, 할로겐램프(100/90W, 55W), 멀티테스터, 멀티시거잭(4구), 이동식 발전기

4.3.1. 전조등 교체 시의 변화 측정

자동차의 전조등에는 일반적으로 55 W 전구(하향 55 W, 상향 60 W의 H4규격)가 사용된다. 전조등의 밝기를 향상시키기 위해 한 때 HID헤드램프¹⁴⁾를 장착한 차량이 증가하는 추세에 있었으나, 당국의 단속으로 HID헤드램프 대신 90/100 W 급의 전구를 전조등에 장착하여 사용하는 경우가 늘고 있다. 이 경우 전선에 걸리는 부하가 늘어 그에 따른 문제가 예상된다.

먼저 55 W 전구를 제거하고 90/100 W 전구를 연결하여 전류량의 변화를 측정하였으나 신뢰 가능한 측정치를 얻지 못하였다.

다음으로 교체한 전구의 상향등(100W) 점등 시 전선의 발열 현상을 관찰하기 위해 1시간 동안 전구를 점등 상태로 두고 온도를 측정하였다. 1시간 동안 실험 장소의 대기온도 및 습도는 15.5 ℃, 30 %에서 18 ℃, 10 %로 각각 변화하였고 전조등 배선의 온도는 15.5 ℃에서 32.0 ℃로 대기온도에 비해 14 ℃가 더 상승하였다.

14) High intensity discharge headlamp. 고전압방출 헤드램프라고도 한다. 투명한 유리처럼 램프 안쪽을 볼 수 있는 클리어 렌즈를 사용해 헤드램프의 조사(照射) 거리와 밝기를 향상시킨 전조등이다. 램프의 수명이 길고 점등 시간도 빠르며 기존의 할로겐램프보다 전력 소모량이 적다.



〈그림 4-4〉 전조등 교체 시 변화

4.3.2. 멀티시거잭 이용 시의 화재 가능성 검증

운전자들은 차량 내에 다양한 전기제품들을 설치하여 사용하고 있다. 설문조사 결과에서도 알 수 있듯이 내비게이션, 하이패스단말기, 차량용 충전기, 온열 시트 등은 차량 안에서 흔히 볼 수 있는 제품들이다. 차량용 인버터를 설치하여 자동차 안에서 노트북이나 선풍기, 냉장고 등을 사용하는 경우도 증가하고 있다. 자동차에는 1~2개의 시거잭 소켓이 설치되어 있는데 시거잭 소켓에 멀티시거잭을 연결하여 여러 개의 자동차용 전기장치들을 한꺼번에 사용하는 것이 가능하다. 이 경우 시거잭 소켓의 배선이나 멀티시거잭 자체에 부하가 과중될 우려가 있다.



〈그림 4-5〉 멀티시거잭 연결 실험

차량에 설치되어 있는 시거잭은 허용전류가 10~15 A이다. 시거잭에서의 전압이 12 V임을 감안하면 이론 상 최대 120~180 W의 소비전력을 가지는 전기제품만을 연결해서 사용해야 한다. 멀티시거잭에 내비게이션과 온열 시트 두 개를 연결하여 사용하는 경우를 가정하고 회로를 구성하여 멀티시거잭의 인입선에 나타나는 변화를 관찰함으로써 전기적 이상 발생가능성을 검증하고자 하였다.

동종 전기제품의 소비전력이 모두 동일하지는 않지만, 소비전력이 55 W인 내비게이션과 소비전력이 90 W인 시거잭 방식 온열 시트를 가정하였으며, 동일한 전력을 소비하는 할로겐전구를 멀티시거잭에 연결하였다.

실험에 사용한 각각의 시거잭 내부에는 3 A용 퓨즈가 들어있어 시거잭 배선에 3 A 이상의 전류가 흐르게 되면 퓨즈가 용단되어 전원을 차단시키도록 설계되어 있었다. 전기장치와 자동차 배선의 손상을 방지하기 위한 일종의 안전장치이다. 이론상으로 55 W의 전기제품을 시거잭에 연결하게 되면 시거잭에는 4.58 A의 전류가 흐르게 되고, 90 W의 경우에는 7.5 A의 전류가 흐르게 된다.¹⁵⁾ 모두 시거잭 내의 전류 허용치를 초과하는 것이다. 예상대로 전원연결 후 시거잭의 퓨즈는 모두 용단되어 전원이 차단되었다.

퓨즈의 정격용량을 초과하는 제품의 사용 도중 퓨즈가 용단되어 전원이 차단되는 경우 퓨즈의 용량을 늘려 제품을 계속 사용하는 사람들이 많다. 정격 퓨즈 외에 금속으로 대신하는 경우도 적지 않다. 이와 같은 경우를 가정하여 55 W의 전구에 연결된 시거잭에 3 A용 퓨즈 대신 전선을 사용하고, 90 W 전구 두 개에는 전선과 10 A용 퓨즈를 각각 사용하여 전원을 연결하였다.

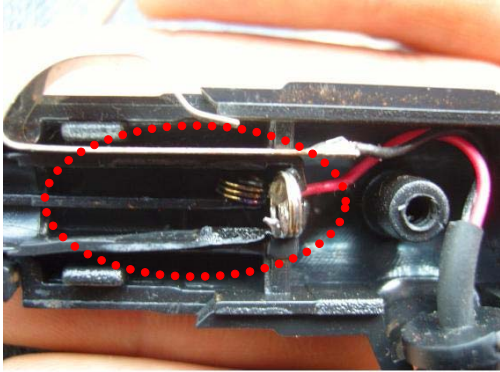


〈그림 4-6〉 시거잭 배선의 온도



〈그림 4-7〉 손상된 시거잭

15) $P=VI$; $55W \div 12V = 4.58A$, $90W \div 12V = 7.5A$



〈그림 4-8〉 손상된 시거잭 내부



〈그림 4-9〉 정상 시거잭의 내부

전원은 차단되지 않았으며, 10 A 퓨즈를 사용한 시거잭에 90 W 전구를 연결한 배선에서 심한 발열 현상이 발생하였다. 열전대를 이용한 온도 측정 시 최고 66.4 °C까지 측정되었다.¹⁶⁾ 해당 시거잭 확인 결과, 외부에 열에 의한 손상이 관찰되었으며, 내부에서는 금속 스프링의 용융과 탄화흔적이 관찰되었다.¹⁷⁾

4.3.3. 접지불량에 의한 화재 가능성 검증

전기장치의 합선이나 과부하를 방지하기 위해, 또는 차량 전기의 안정성 향상을 위해 차체에 접지(Ground)를 한다. 접지 작업 시 나사 체결 불량 등으로 인해 접지불량이 발생한 경우 접촉 부위에서의 이상 가능성이 예상되었다.

엔진룸 내의 환경과 비슷한 실험조건을 구성하기 위해서는 차량의 진동 상황을 연출할 필요성이 있다.

자동차에 시동을 켜 채로 배터리에 90 W 전구 2개를 병렬로 연결하고, 이동용 발전기에 고정시킨 ‘ㄱ’자 형 철판에 접지선을 연결하였다.

열전대를 이용하여 접지점의 온도를 실시간으로 측정한 결과, 초기 온도 23.4 °C에서 진동 시작 5분 이내에 178 °C까지 상승하였으며 차체로 가정한 철판과 접지선 간의 접촉불량으로 인해 스파크가 지속적으로 발생하였다. 엔진룸 내의 환경(먼지, 오일 찌꺼기 등)을 감안할 경우 충분히 화재에 이를 수 있는 온도와 상황이었다.

16) 〈그림 4-6〉 참조

17) 〈그림 4-7〉, 〈그림 4-8〉 참조



〈그림 4-10〉 접지불량 실험

4.3.4. 본 실험 1의 결과 및 고찰

전조등을 55 W에서 90/100 W 전구로 교체할 경우 전조등 배선에서는 상대적으로 높은 전류가 측정되었지만 오차 범위의 문제로 측정값을 수치화하지 못하였다. 단, 이론적으로는 1.6~1.8배의 전류가 흐르는 것이 정상적이다.

전조등을 오래 켜둘 경우 배선에서의 발열 현상을 확인할 수 있었다. 야외에서의 바람에 의한 냉각 효과를 고려한다면 실내 또는 엔진룸 내에서는 훨씬 더 높은 온도가 측정되었을 것이 예측 가능하다.

멀티시거잭에 여러 개의 전기장치를 연결하여 사용하는 경우 허용전류를 초과하게 되면 외부적으로 문제가 발견되지 않더라도 시거잭 내부 또는 시거잭 배선에서의 발열 현상으로 화재가 발생할 수 있다.

전기장치를 추가로 설치하거나 차량 전기의 안전성 향상을 위해 엔진룸 내에 추가로 접지를 하는 경우 차량의 진동 등으로 인해 접촉 불량 발생하게 되면 엔진룸 내에서의 화재로 발전할 가능성이 높다.

4.4. 본 실험 2

일	시	: 2010. 4. 13(화) 15:00 ~ 18:00
장	소	: 팔복119안전센터 차고 내
실	험	내
용		: 본 실험 1의 보완(전조등 배선의 전류량 측정)
준	비	물
		: 중고 자동차(1994년식 엑센트), 온·습도계, 자동차용 전선, 할로겐램프(100/90W, 55W), 멀티테스터
참	여	: 한국전기안전공사 전북지역본부 관계자 2명

1차 본 실험 시 전류량 측정의 미비점을 보완하기 위한 실험이다. 일반적으로 정상적인 차량용 배터리의 방출 전압은 12~14 V이고, 이것을 전력 공식($P=V \times I$)에 대입하면 55 W 전구 사용 시 전조등 배선에는 3.93~4.58 A의 전류가 흐르게 되며, 90 W 전구 사용 시 6.43~7.5 A의 전류가 흐르게 된다.

실험 차량의 시동 후 배터리 단자에서의 전압은 14.41 V로 측정되었고, 전조등 배선에서의 전압은 8.33 V로 측정되었다. 55 W의 전구를 연결한 경우 3.5 A의 전류가 측정되었고, 90 W의 전구를 연결한 경우 7.9 A의 전류가 측정되었다.

실제 측정 결과가 계산식에서의 결과와 동일하지는 않지만, 90 W 전구를 사용하였을 때 55 W에 비해 2배 이상의 전류가 흐를 수 있다는 결론을 도출하였다.



〈그림 4-11〉 전압, 전류 측정

4.5. 본 실험 3

일	시	: 2010. 4. 23(금) 13:15 ~ 21:00	
장	소	: 중앙소방학교 소방과학연구실(충남 아산 소재)	
실	험	내	용 : 전체 실험 보완 + 전선의 절연저항 측정, 내열시험
준	비	물	: 자동차(2009년식 아반떼HD), 온·습도계, 자동차용 전선, 중고 자동차배선, 할로겐램프 (100/90W, 55W), 멀티테스터, 멀티시거잭(3구), 노트북, 복사열 방출 실험기기, 내전압·절연시험기(TOS8870A), 열전대 온도계, 데이터 계측기(34970A)

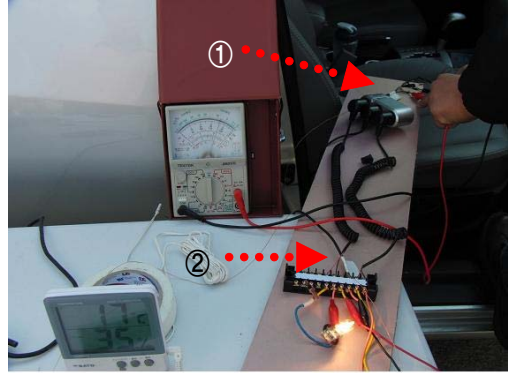
4.5.1. 시거잭 배선에서의 전류 및 온도 변화

시거잭 소켓에 멀티시거잭(3구)을 연결하고 온도측정용 센서를 멀티시거잭의 인입배선(그림 4-13의 ①)과 전구 연결 배선(그림 4-13의 ②)에 부착하여 0.5초 단위로 측

정되는 배선 상의 온도 데이터를 노트북에 자동 저장되도록 하였다. 실험 당시의 환경은 평균기온 17 °C에 습도 35 %이다.



〈그림 4-12〉 실험 구성



〈그림 4-13〉 전류 및 온도 측정

멀티시거잭에 55 W 전구 1개만을 연결한 경우 시거잭 인입선에는 4.0 A의 전류가 흐르는 것으로 측정되었으며 최고 온도가 30 °C를 넘지 않았다. 90 W 전구 1개를 추가 연결한 경우, 8.1 A의 전류가 측정되었고 배선의 최고 온도는 33.4 °C로 약간 상승하였다. 이때, 전구연결배선에서의 온도는 55 W 전구 1개만을 연결했을 때에 비해 급격한 상승속도를 보였으며 최고 온도는 상대적으로 16 °C가 더 높았다.

〈표 4-1〉 멀티시거잭 사용 시 시거잭 배선의 최고온도

(단위 : °C)

소비전력	전선 상태	측정위치	최고 온도	최고 온도 도달시간
55W	정상	시거잭 인입선	27.8	175.0초
		전구연결배선	38.1	
55W + 90W	정상	시거잭 인입선	33.4	112.5초
		전구연결배선	54.1	
	시거잭 인입선 75% 손상	시거잭 인입선	73.3	272.0초
		전구연결배선	36.0	
	시거잭 인입선 90% 손상	시거잭 인입선	99.7	569.5초
		전구연결배선	37.8	

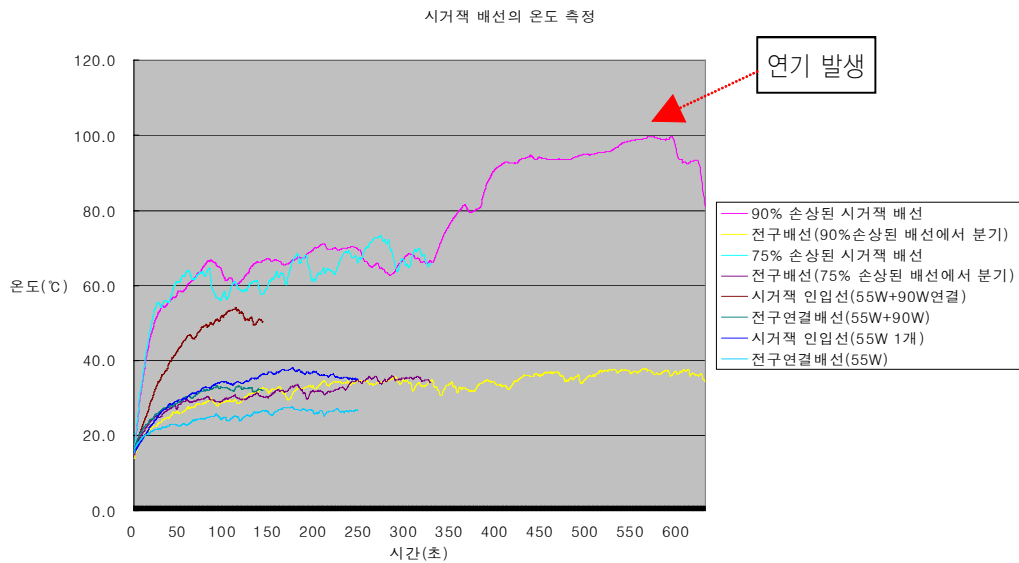


〈그림 4-15〉 시거잭 배선의 연기



〈그림 4-14〉 시거잭 인입선 훼손

시거잭 인입선의 반단선 등의 손상을 가정하여 같은 실험을 반복하였다. 소선의 90 % 손상 시 시거잭 인입선의 온도는 100 ℃ 가까이 상승하였으며 일정 시간이 지난 후 배선의 손상 부위에서 연기가 발생하기 시작하였다. 잠시 후 전원이 차단되면서 연기가 소멸되고 온도는 하강곡선을 그리기 시작하였으며, 이때까지 시거잭 안의 퓨즈(10 A)는 손상되지 않았다.



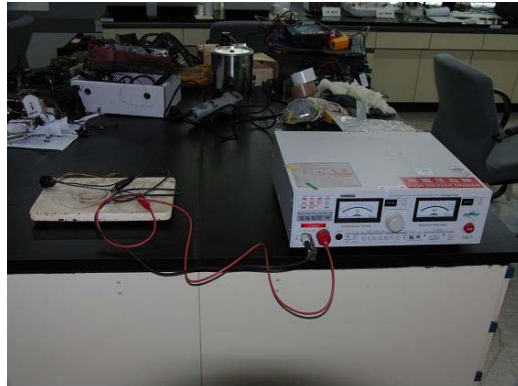
〈그림 4-16〉 시거잭 배선의 시간에 따른 온도 변화 그래프

4.5.2. 자동차 배선의 절연저항 측정

전선을 장기간 사용한 경우 피로도가 누적되어 전선 내의 미세한 변화로 인한 절연 성능의 저하 가능성을 검증하고자 하였다. 폐차장의 노후 차량에서 전기배선을 수거하여 내전압·절연저항시험기(TOS8870A모델)를 이용한 절연성능테스트를 실시하였다.

절연저항시험기는 전기제품의 절연 안전도를 시험하는 장치이다. 500 V 또는 1,000 V의 고전압을 일정 시간 동안 흐르게 하고 미세한 누설전류를 감지함으로써 전기제품의 사용 중 전선을 통한 감전 가능성 등을 테스트하는 방식이다.

테스트 결과, 1994년식 ○○ 차량, 1995년식 ○○ 차량, 1996년식 ○○ 차량의 전기배선 모두 절연성능이 정상인 것으로 나타났다.



〈그림 4-17〉 절연성능 테스트

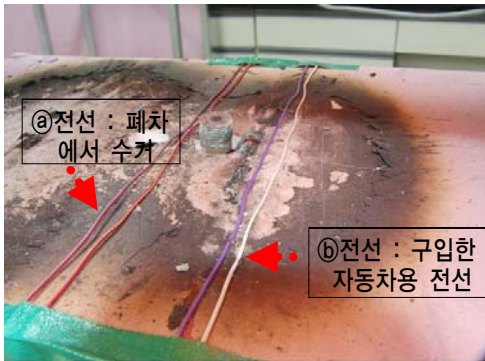
4.5.3. 자동차 배선의 내열 실험



〈그림 4-18〉 복사열을 이용한 자동차 배선의 내열 실험 구성

복사열 방출 실험기기는 소방과학연구실에서 자체 제작한 것으로, 소비전력 5,000 W의 전기스토브를 이용하여 물체에 일정한 복사열을 지속적으로 공급함으로써 열 축적으로 인한 물체의 상태 변화 등을 관찰하기 위한 장치이다. 관찰하고자 하는 물체를 올려놓는 실험대의 높이를 조절함으로써 복사열의 양을 달리할 수 있으며, 실험장치 내의 복사열 센서에서 복사열의 양을 전기적 신호로 변환하여 실시간으로 측정한다.

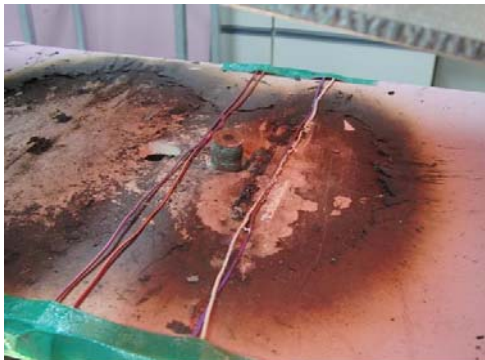
자동차 엔진룸 내 전기배선의 환경과 유사한 조건을 부여하기 위해 자동차 배터리 (MF48-23GL 12 V RC:92MIN CCP:550 A)에 전선을 연결하여 자동차 전기가 흐르고 있는 상태의 전선에 복사열을 가하였으며, 시간의 흐름에 따른 변화 여부를 관찰, 기록하였다.



〈그림 4-19〉 내열 실험 1분 경과
(변화 없음)



〈그림 4-20〉 3분 경과
(⑥전선 표면 변화 시작됨)



〈그림 4-22〉 8분 50초 경과
(①전선 표면 변화 시작됨)



〈그림 4-21〉 4분 40초 경과
(⑥전선 연기 발생 시작)

실험실 내부의 온도는 20 ℃이며, 실험에 사용한 전선 중 ㉠은 1994년식 ○○ 차량에서 수거한 전조등 배선으로 1.25 mm²의 규격 제품이며 ㉡는 자동차용품점에서 일반인들에게 판매하는 자동차 전조등용 배선으로 1.00 mm² 규격의 전선이다. 전선을 고정시킨 실험대의 바닥면에 가해진 복사열의 양은 6 mW(=16.1 kW/m²)로 측정되었다. 이것은 실내화재에서 플래시오버를 발생시킬 수 있는 복사열(15~20 kW/m²)에 해당된다.¹⁸⁾



〈그림 4-23〉 복사열 실험장치 내의 시간에 따른 온도 변화

내열 실험 결과, 15년 이상 사용한 전선의 내열 성능이 새 전선보다 오히려 월등한 것으로 나타났다. 노후 전선이 실험 시작 9분여 만에 표면이 녹기 시작한 반면, 새 전선이 3분 만에 표면 변화를 일으킨 것으로 볼 때, 일반인들이 자동차용품 판매점에서 전선을 구입하여 전조등 교체나 기타 전기장치를 설치하는 데에 사용한 경우 엔진룸의 열에 의해 피복에 직접 착화되거나 피복 손상에 따른 단락 발생 가능성이 순정상태의 자동차 배선에 비해 상대적으로 높다는 것이 예상 가능하다.

5. 결론 및 제언

18) Bjorn Karlsson, James G. Quintiere, "Enclosure Fire Dynamics", 2000.

5.1. 실험결과 고찰

순정 상태의 전조등(55 W)을 소비전력이 높은 90/100 W 전구로 교체하여 사용하는 경우에 자동차 배선에서 나타날 수 있는 문제점들을 검증하기 위해 전압, 전류량의 변화 및 배선의 온도를 측정하였다. 그 결과, 계산과 정확히 일치하지는 않지만 소비전력이 높은 제품을 사용함으로써 전류량이 그만큼 증가하며, 전선 내의 발열량 또한 증가하여 전기 배선에 열이 축적될 수 있음이 입증되었다.

시거잭 소켓에 멀티시거잭을 연결하여 여러 전기장치들을 한꺼번에 사용하는 경우의 위험성을 검증하고자, 본 연구에서는 사용자가 많은 자동차용 전기제품 중 내비게이션과 온열 시트를 동시에 사용할 경우를 가정하여 실험을 진행하였다. 시거잭 배선에 허용전류를 초과하는 전류가 흐를 경우 퓨즈가 용단되어 전원이 차단되어야 하지만, 시거잭 배선에 과도한 열이 발생하거나 연기가 발생하는 중에도 퓨즈가 동작하지 않는 상황이 일어나는 것을 실험을 통해 확인하였다.

설문조사와 개별면담 등에 의한 자료수집 시, 본 실험에 비해 더 높은 소비전력을 가진 전기장치들을 차량에 설치한 경우도 발견할 수 있었으며, 전원이 자주 차단되는 것을 방지하기 위해 정격 용량 이상의 퓨즈를 사용하거나 퓨즈 대신 금속을 연결하여 사용하는 사례도 있었다.

어떠한 원인에 의해 전선에 손상이 가해진 경우에 그 손상 정도가 일정 한도를 상회하게 되면 전선의 내구성이 급격히 저하되는 것을 확인하였다.

자동차용 전기장치를 추가로 설치하거나 자동차 전기의 안정성을 향상시키기 위해 자체 접지를 추가하는 경우, 나사 체결 상태 불량 등으로 인한 접지불량은 접촉점에서의 고온발생과 함께 스파크가 발생하여 화재 발생 가능성이 높다는 것이 확인되었다.

장기간 사용한 전기배선의 경우 피로도 누적 등에 의해 절연성능 저하가 있을 것이라는 예상 하에 실시한 절연저항테스트는 모두 저항치가 무한대로 측정되어(=정상) 특이점을 발견하지 못하였다. 전선의 성분 분석을 통해 사용 기간에 따른 변화의 추이를 관찰하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

절연성능테스트의 경우와 유사하게, 복사열을 이용한 내열 실험의 경우에서도 전선의 노후화에 따른 이상은 확인할 수 없었으나 이번 실험을 위해 구입한 전선이 오랜 기간 사용한 순정 전선에 비해 상대적으로 열에 취약한 것으로 나타나, 임의배선의 취

약점을 확인할 수 있었다. 실험 시 동일한 규격(1.25 mm²)의 전조등용 전선으로 상호 비교할 필요성이 있지만, 자동차용품 판매점에서 동일 규격의 자동차용 배선을 판매하지 않고 1.00 mm² 규격의 전선을 전조등용 전선으로 판매하는 것을 고려하면 임의배선에 의한 화재발생 가능성을 검증하는 실험에 오히려 적합한 비교가 될 수 있었다.

5.2. 실험결과에 따른 제언

이상의 실험결과를 종합하면, 자동차의 출고상태 이외에 사용자가 임의로 전기배선을 조작 설치하거나 변형한 경우, 전선이나 퓨즈의 허용전류 초과, 접지불량, 전선 손상 등에 의해 화재가 발생할 가능성이 추가적으로 발생한다는 결론이 도출된다.

이를 방지하기 위해서는 자동차의 전기 관련 튜닝을 원천적으로 금지하거나 자동차의 전기배선과 관련된 모든 작업 시 전문 업체에 맡기도록 하는 방법이 최우선일 것이다.

현재 우리나라에서 자동차 튜닝과 관련된 법규는 총 4가지이다. 도로교통법, 대기환경보전법, 소음진동규제법 그리고 자동차관리법이다. 이 가운데 튜닝과 관련한 직접적인 규정은 자동차관리법 제34조 「자동차의 구조·장치의 변경」 조항이다. 본 연구에서 다른 전조등에 대한 규제조항은 있으나 화재와 밀접한 추가적인 임의배선 가설 및 탈부착이 가능한 시거잭 부분에 대한 규제는 없는 실정이다.

세세한 부분까지 법적 규제를 가하는 것이 사용자에게는 가혹할 수 있으나 화재에 대한 안전을 담보하기 위해서는 엔진룸 내 배선에 대한 규제의 필요성이 요구되어진다.

다른 한편으로는 법적 규제 대신 자동차용 제품들의 규격을 상세하게 명시하여, 자동차 튜닝작업을 하거나 자동차에 전기장치를 추가로 설치하려는 사람들이 안전하게 사용할 수 있도록 유도하는 방안이 좀 더 현실적인 방안이 될 수 있으리라 판단된다.

본 연구에서 진행한 실험과 결론의 적용에는 몇 가지 한계점이 존재한다.

첫째, 장기간 전류의 흐름에 노출된 전선의 미세한 이상 발생 가능성을 시험하기 위한 화학적 성분 분석이 요구된다.

둘째, 실내 또는 밀폐된 공간에서 실험이 진행되었다면 온도 측정 시 바람에 의한 냉각효과 등의 배제가 가능하여 보다 신뢰도 높은 측정 결과를 산출할 수 있었을 것이며, 셋째, 전문적 지식과 실험장비가 부족하였다.

마지막으로, 같은 차종 중에서도 자동차 제조회사, 제조연식마다 조금씩 다른 제품들이 사용되기 때문에 본 연구에서 도출한 결론을 모든 차량에 적용할 수는 없다는 점이다.

자동차 화재현장에서의 화재원인 조사 시 임의배선 여부에 대한 판단은 쉽지 않다. 차량 운전자가 자신의 인위적 조작에 의해 화재가 발생할 수도 있다는 가능성을 부정하기 위하여 의도적으로 진술하지 않을 가능성이 더 높고, 자동차 화재의 특성 상 전기배선 전체가 탄화되는 경우가 많아 해당 배선의 구별이 쉽지 않기 때문이다.

그러나 본 연구를 위해 여러 실험을 진행하는 동안 축적된 경험과 관련 지식들을 공유하고 자동차 화재의 발화원인 규명에 적극 활용한다면 보다 과학적이고 논리적인 화재조사가 가능해질 것이라 생각된다.

참 고 문 헌

[단행본]

- [1] 김민복, “자동차 기초전기·전자”, 도서출판 골든벨(2010)
- [2] 이봉우, 최영석, 김택진, 박경준, “자동차 튜닝 실무”, 경영사(2008)
- [3] 정석훈, “자동차전기전자”, 원창출판사(2001)
- [4] 정용욱, 한성철, 이응재, 정주윤, “자동차 전기·전자공학”, 미전사이언스(2007)
- [5] “국가화재분류체계 매뉴얼”, 소방방재청 화재조사팀(2006)
- [6] Bj rn Karlsson, James G. Quintiere, “Enclosure Fire Dynamics”(2007)

[논문]

- [1] 강승모, 안병준, “자동차화재감식에 관한 연구”, 한국산업안전학회 학술대회논문집, pp.3-9(2004)
- [2] 이종원, 임황근, 김현노, 이기희, “자동차 전기화재에 대한 실험 및 연구”, 화재조사논문집, 경기도 소방재난본부, pp.147-172(2007)

[웹사이트]

- [1] 국가화재정보시스템 (<http://www.firedata.go.kr>)
- [2] 통계청 (<http://kostat.go.kr>)
- [3] 구글 (<http://www.google.co.kr>)
- [4] 현대자동차 뉴싼타페 동호회 (<http://www.cmlove.co.kr>)

[자문]

- [1] 김수영, 중앙소방학교 소방과학연구실 연구관
- [2] 정석훈, 전주비전대학 자동차과 교수
- [3] 최창선, 한국전기안전공사 전북지역본부 점검과장

[부록]

설문지

안녕하십니까? 귀하의 건강과 행복을 기원합니다.
전주덕진소방서 현장기동단 화재조사팀에서 “자동차 임의배선에 의한 화재발생 가능성”에 관한 연구를 수행하기 위하여 설문조사를 실시하고자 합니다. 귀하께서 응답하신 내용은 안전하게 익명으로 처리되어 비밀이 보장될 것이며, 연구의 목적으로만 이용될 것입니다. 적극적인 협조를 부탁드립니다.

2010년 3월, 전주덕진소방서 현장기동단 화재조사팀

※ 설문내용에 대한 의문사항이나 좋은 의견이 있으시면 언제든지 아래 연락처로 연락주시면 감사하겠습니다.
◎ 연락처 : (063)250-4251 또는 이메일(minimin4u@korea.kr)
전주덕진소방서 현장기동단 화재조사주임 소방위 김민

I. 다음은 인구통계학적 설문을 위한 문항입니다.

1. 귀하의 성별은 무엇입니까?

- ① 남자 ② 여자

2. 귀하는 결혼 하셨습니까?

- ① 미혼 ② 기혼

3. 귀하의 연령은 몇 세입니까?

- ① 30세 미만 ② 30 ~ 40세 미만 ③ 40 ~ 50세 미만 ④ 50세 이상

4. 귀하 또는 가족 차량을 소유하고 있습니까? 있다면, 차종은 다음 중 어떤 것입니까?

- ① 소형차(1000cc 미만) ② 준중형급 ③ 중형급 이상 세단
④ SUV ⑤ 기타 차종 ⑥ 없다

5. 차량을 소유하고 있는 경우, 차량의 기본 상태 이외에 추가적으로 장착하여 사용 중인 장치는 어느 것입니까?(중복응답 가능)

- ① 내비게이션(매립형 포함) ② 하이패스단말기 ③ 차량용 충전기
- ④ 온열시트 ⑤ 원격시동장치&경보기
- ⑥ 조명장치(HID, LED등) ⑦ 기타(직접 기재) :

II. 다음은 자동차 튜닝에 대한 설문입니다. 해당되는 곳 또는 평소 자신의 생각과 일치하는 곳에 체크하여 주시기 바랍니다.(여기서 말하는 ‘튜닝(tuning)’은 조율·개조가 기본 뜻으로, 자동차의 외관을 바꾸거나 성능을 변화시키는 것을 말합니다.)

1. 자동차 튜닝에 대해 어떻게 생각하십니까?

- ① 꼭 해야한다 ② 어느 정도 필요하다 ③ 할 필요 없다 ④ 하면 안 된다

2. 본인 또는 가족 소유의 차량에 튜닝을 할 의향이 있습니까?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 생각 없다 ④ 절대 하지 않겠다

3. 본인 또는 가족 소유의 차량에 튜닝을 한 적이 있습니까? 있다면, 튜닝작업은 누가 하였습니다?

- ① 있다(전문업체) ② 있다(개인이 직접) ③ 튜닝 한 적 없다

4. 튜닝을 한 적이 있거나 앞으로 할 의향이 있다면, 그 부위는 다음 중 어디입니까?(중복응답 가능)

- ① 엔진, 배기계통 ② 전기장치 ③ 휠, 현가장치
- ④ 내부 인테리어(전기장치 외) ⑤ 외부(전기장치 제외) ⑥ 기타(직접 기재) :

5. 위 4번 문항에서 ‘② 전기장치’에 응답하신 분은 그 중 어떤 장치입니까?(중복응답 가능)

- ① 오디오계통 ② 조명장치(HID, LED등) ③ 혼
④ 계기판 ⑤ 기타(직접 기재) :

6. 전기장치 튜닝 이후에 차량에 이상이 발생한 적이 있습니까? 있다면, 그 내용을 간략하게 적어주세요.

- ① 있다 ② 없다

◆ 설문에 응해주셔서 대단히 감사합니다. ◆