

LPG 자동차의 긴급차단밸브 기상필터막힘, 솔레노이드밸브 조립부손상, LPG 스위치 커넥터 핀 접촉불량에 관련된 고장사례 연구

†이일권·국창호·함성훈·김지현·김성모*
정동화**·유창배***·문학훈****·이정호*****

대림대학교 미래자동차학부 교수, *충청대학교 항공자동차기계학부 교수,
순천제일대학교 기계자동차과 교수, *신성대학교 자동차계열 교수,
****오산대학교 자동차과 교수, *****인하대학교대학원 기계공학과 박사과정
(2021년 9월 23일 접수, 2021년 12월 17일 수정, 2021년 12월 18일 채택)

Study for Failure Examples Including with Gas filter Clogging of Emergency Cutting Valve, Assembling Part Damage of Solenoid Valve, Contact Damage of LPG Switch Connector Fin in a LPG Car

†IL Kwon Lee · Chang Ho Kook · Sung Hoon Ham · Jee Hyun Kim · Sung Mo Kim*
Dong Hwa Jung** · Chang Bae You*** · Hak Hoon Moon**** · Jeong Ho Lee*****

Division of Automotive Engineering, Daelim University College,

**Faculty of Aviation, Automobile & Mechanical Engineering, Chungcheong University,*

***Dept. of Machinery and Automotive Engineering, Suncheon First College,*

****Dept. of Automotive Engineering, Shin Sung University,*

*****Dept. of Automotive Engineering, Osan University,*

******Graduate School of Mechanical Engineering, Inha University*

(Received September 23, 2021; Revised December 17, 2021; Accepted December 18, 2021)

요약

이 논문은 LPG 자동차 엔진의 시동불량현상을 조사하고 분석한 연구이다. 첫 번째 사례는 긴급차단 밸브를 점검한 결과 밸브의 기상측에 미세한 이물질에 의해 필터 막힘으로 인해 연료공급이 안 되는 현상을 확인하였다. 두 번째 사례는 액·기상 솔레노이드 밸브의 초기 작동시 연료의 누설에 영향이 없었으나, 시간이 지나면서 솔레노이드 조립부의 손상부가 내구성이 떨어져 LPG 가스의 누설이 진행되어 연소실로 공급되는 연료의 공급이 제대로 되지 않아 자동차의 시동겨침 현상이 발생된 것을 확인하였다. 세 번째 사례는 EGR 10A 퓨즈와 LPG 스위치 사이의 커넥터 핀이 장력불량에 의한 접촉불량으로 과열이 발생되어 소손된 것을 확인하였다. 따라서, 자동차의 시동성에 대단히 예민한 전기적인 문제가 발생하지 않도록 자동차의 관련시스템을 사전에 철저하게 점검하고 이를 관리하여야 할 것으로 판단된다.

Abstract - This paper is a purpose to study and analyze the engine starting failure examples for LPG car. The first example, the researcher verified the phenomenon that didn't supply the fuel because of filter clogging by fine alien substance in the gas valve line when he inspected the emergency cutting valve. The second example, there was no the influence of gas leakage when the solenoid operated at first. But the damage part of solenoid assembling face was downed a durability according to running a valve. Eventually, the researcher checked on the phenomenon of engine stopping by no gas feeding in solenoid because of leaking of gas.

†Corresponding author: iklee@daelim.ac.kr

The third example, the researcher sought that the wiring sheaths of connector fin between EGR 10A fuse and LPG switch verified the burn-out phenomenon due to the bad contacting as tension damage produced the overheating. Therefore, the manager of a car has to do pre-inspection no producing electric failure and he must maintain his car with optimum condition.

Key words : LPG vehicle, engine starting faulty, filter, solenoid valve, wiring, contact damage

I. 서론

자동차의 시동성은 대단히 중요하다. 운전자가 자동차에 승차하여 자동차의 시동을 걸었을 때 자동차 엔진은 제대로 작동하여야 한다. 운전자가 보내는 자동차의 신호를 자동차는 정확하게 받아 이를 최적의 상태로 시동을 걸어야 하고, 이때 운전자는 엔진의 동력을 변속기에 전달하는 신호를 제어함으로써 자동차는 움직이게 된다. 초기에 자동차에 시동성이 좋지 않아 자동차 시동이 걸리지 않을 경우에는 자동차는 자동차로서의 효용성이 떨어지고, 운전자는 자동차를 이용하려는 목적성을 상실하게 된다.

운전자가 자동차를 이용하여 어떤 장소에 세워놓고 다시 시동을 걸었을 때 시동이 걸리지 않을 경우에는 운전자는 상당히 당황해 할 것이며, 이때 자동차는 자동차의 역할을 하지 못하고 운전자에게 상당히 어려운 상황이 될 것이다. 특히, 긴급한 상황에서 자동차의 시동이 걸리지 않을 경우에는 운전자의 업무 처리에 문제가 발생할 수 있을 것이다. 또한, 운전자가 운전 중에 차량의 시동이 갑자기 꺼졌을 경우에는 사고의 위험성이 크다. 따라서, 이러한 현상이 발생할 경우에 운전자는 상당히 당황할 것이고, 사고에 대한 부담감 때문에 자동차에 대한 신뢰가 극히 낮아질 수 있다. 최근 이러한 LPG 차량의 제어시스템의 고장사례를 통해 신뢰도를 개선시켜야 한다는 연구결과가 발표되었다[1,2,3].

이 논문은 LPG 자동차의 시동불량 현상에 대한 고장사례를 조사하고, 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 자동차 엔진실의 형상(Figuration)

자동차 엔진실의 구성도는 자동차의 엔진을 구성하는 엔진의 본체와 엔진의 본체를 작동하게 하는 부속장치, 제어를 위한 배선과 체결부로 구성되어 있다. 운행하는 자동차 엔진실(Engine room) 내부를 보여주는 사례가 Fig. 1에 나타나 있다.



Fig. 1. Engine room figuration example of a car

2.2 LPG 연료의 특성

액화석유가스(Liquefied petroleum gas;LPG) 연료는 유정에서 원유를 생산할 때 회수되거나 정유공장에서 원유를 정제할 때 부산물로 나오는 가스를 가압하여 액체상태(Liquid)로 만든 것이다. LPG는 공해가 없는 에너지원으로서 연소제어가 용이하고, 가격적인 측면에서도 매우 저렴하기 때문에 가정용, 사업용, 발전용 연료로 많이 사용되어 점차 에너지로서의 비중이 증가하고 있고, 최근에는 차량용연료로 많이 사용되고 있다[4]. 우리나라의 경우 LPG 자동차를 가솔린차량에 비해 친환경차로 분류하여 관리하고 있으며, 최근에는 LPG 차량의 수요확대를 위해 정책적인 변화로 인해 LPG의 소비가 증가하고 있다. 이러한 LPG를 연료로 한 자동차는 가솔린 차량보다 배출가스의 오염물질을 덜 배출한다는 연구결과도 발표되었다[5].

2.3 LPG 자동차의 제어 메커니즘

LPG 자동차의 일반적인 제어 메커니즘은 운전자가 자동차의 시동을 걸면 시동초기, 엔진의 냉간상태에서는 액화석유가스탱크에서 공급되는 액체와 기체라인(line)중 기체라인에서 기체의 액화석유가스가 내부압력에 의해 증발기(Vaporizer)로 공급이 되며, 이것이 믹서(Mixer)에서 엔진의 흡기측에 유입된 공기와

LPG 자동차의 긴급차단밸브 기상필터막힘, 솔레노이드밸브 조립부손상, LPG 스위치 커넥터 핀 접촉불량에 관련된 고장사례 연구

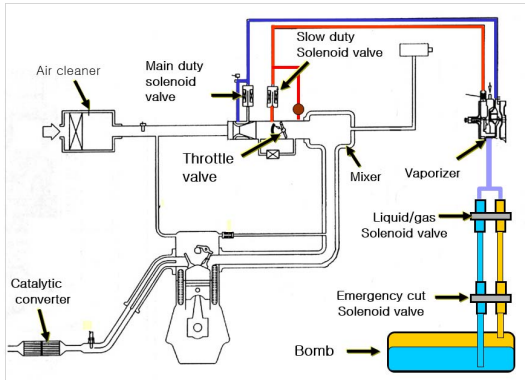


Fig. 2. Control construction for vaporizer type of LPG car

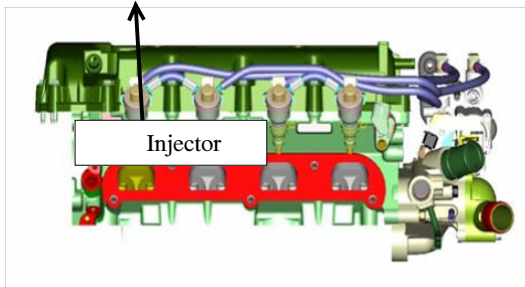


Fig. 3. Injection system example for the LPi engine of a car

일정비율로 섞여 연소실로 들어가게 된다. 그리고 엔진의 열간상태에서는 액화석유가스탱크의 액체라인에서 액화석유가스가 공급되어 연소실에서 연소가 되어 엔진을 작동시킨다. 이러한 작동시스템은 전자 제어시스템에 의해 각부에 설치된 센서(Sensor)와 액츄에이터(Actuator)가 엔진컴퓨터의 제어에 의해 작동하게 되는 것이다. 기화기방식의 LPG 자동차의 제어 구성도는 Fig.2에 보여지고 있다.

최근에는 기화기방식의 LPG 엔진의 시동성을 개선하기 위해 액체상태에서 직접 분사하는 LPi(Liquefied petroleum injection) 시스템이 개발, 적용되어 겨울철 시동성을 크게 개선하였다[6,7]. Fig.3은 LPG 자동차의 직접분사방식인 LPi방식의 사례를 보여주는 것이다.

2.4 관련시스템 설명

2.4.1 LPG 긴급 차단 솔레노이드 밸브

LPG 긴급차단 솔레노이드 밸브는 자동차가 운행 중에 예기치 못한 돌발사고로 인해 엔진이 정지하게

되면, 엔진의 컴퓨터에서 긴급차단밸브(Emergency cutting valve)를 제어 차단하여 액·기상 솔레노이드 밸브와 긴급차단 밸브에 전원을 차단하여 솔레노이드 밸브를 차단하는 기능을 한다. 이때 연료의 배관계통에 문제가 발생했을 때, 액화석유가스가 누출하는 것을 방지하기 위해 연료탱크의 최단거리에서 차단하여 발생할 수 있는 화재등을 미연에 예방하고 이에 대한 위험을 방지하기 위한 밸브이다.

2.4.2 필터(Filter)

액체와 기체로 이루어진 물질이 어떤 관를 흐르게 되면 외부에서 유입되거나 내부에서 생성된 이물질 을 최소화하기 위해 필터를 설치한다. 자동차에서도 연료의 연소효과를 극대화하고 연소시 퇴적물을 최소화하기 위해 필터를 사용하게 된다. 가솔린과 경유는 연료가 액체(liquid)로 구성되어 있어 불순물이나 수분등을 제거하여 정제된 연료를 사용하며 연소실에서 연소되기 전 유해한 물질을 제거하기 위하여 필터를 설치한다. 기체상태의 액화석유가스를 압축하여 액화시켜 봄(Bomb)이라는 연료탱크에 저장하는 LPG도 이를 필터링하기 위한 필터를 설치한다.

2.4.3 전기배선의 내구성

자동차의 각 시스템을 작동시키기 위해서는 일정량의 전기적인 힘이 필요하다. 최근의 자동차의 전자 제어 시스템은 전기적인 신호에 따라 전기적인 힘에 의해 작동되기 때문에 엔진에서 발생된 힘을 전기의 힘으로 바꾸어 이를 자동차의 제어부분에 이용하게 된다. 이때 전기의 흐름을 전달하는 것이 전기배선인데, 이러한 전기배선은 접촉부분에 잘 접촉이 되어야 전기적인 저항을 최소화 할 수 있어 관련부품이 작동할 때 최적의 작동상태에 이르게 된다. 따라서, 전기적인 접촉상태가 불량하거나 내구성이 떨어져 배선의 손상 등이 생겼을 경우에는 철저하게 점검하여 최적의 상태를 유지할 수 있도록 하여야 한다[8,9,10].

III. 고장 관련 사례

3.1 LPG 긴급차단밸브 막힘에 의한 시동불량 사례

3.1.1 현상

운전자가 자동차에 승차한 다음 엔진의 시동을 걸려고 하였으나 시동이 잘 걸리지 않는 현상이 발생되었다.

3.1.2 분석

현상을 확인하기 위해, 자동차를 반복하여 시동을 걸었으나 시동이 잘 걸리지 않았다. 관련 시스템을 점

검한 다음 LPG 액·기상 솔레노이드 밸브와 엔진컴퓨터(Engine control unit) 제어선에 차체 접지를 한 결과 시동이 걸렸다. 따라서, 이 차량은 엔진컴퓨터와 액·기상 솔레노이드 밸브를 교환하여 출고하였으나, 얼마후 동일한 현상이 발생하여 재입고 되었다. 커넥터부(Connect part)에 접촉불량현상을 확인하기 위해 배선 및 정선박스 탈부착을 하여 전기적인 접촉상태를 점검하였다. 또한, 커넥터 부위에 물의 유입여부를 점검하였으나 정상으로 확인되었다. 운전자의 의견에 따라 비가 오거나 습기가 많은 날의 경우에 시동이 걸리지 않는다는 의견을 모니터링하여 차량을 하루 세워 두었다가 맑은 날에 시동을 걸었을 때 시동이 잘 걸리는 것을 확인하였다. 원인은 긴급차단 밸브를 확인한 결과 밸브의 기상측이 미세한 이물질에 의해 오염되어 막힘현상으로 인해 연료공급이 되지 않는 현상을 확인하였다. LPG 자동차의 경우 냉간시동상태나 비오는 날, 습기가 많을 때에는 시동성이 악화될 수 있

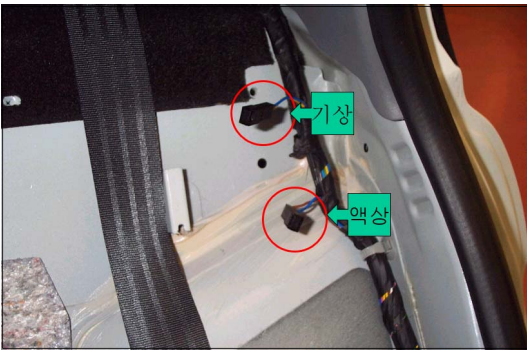


Fig. 4. Diodes example for emergency cutting solenoid surge prevention



Fig. 5. Emergency cutting gas solenoid valve of LPG a car

다. 긴급차단 솔레노이드 밸브 교환한 다음 정상으로 확인되었다.

Fig. 4는 긴급 차단 솔레노이드 밸브 서지 방지용 다이오드 위치를 보여주는 것이다. Fig.5는 LPG 자동차의 긴급 차단 솔레노이드 밸브사례를 보여주는 것이다.

3.1.3 고찰

LPG 연료 자동차는 연료를 공급할 때 연료의 성분의 조성이 좋지 않거나, 밸브 내부의 이물질 유입으로 인해 연료의 흐름이 불량한 상태가 되어 밸브내부에 있는 필터가 막힘현상으로 인해 엔진의 시동성이 떨어질 수가 있다. 따라서 철저한 점검으로 최적의 자동차 성능을 발휘할 수 있도록 하여야 하며, 이를 효율적으로 관리할 수 있도록 하여야 한다.

3.2 액·기상 솔레노이드 밸브 내부불량으로 간헐적 시동꺼짐현상 사례

3.2.1 현상

운전자가 자동차를 운행하던 중 간헐적으로 시동꺼짐 및 가속불량현상이 발생하였다.

3.2.2. 분석

이 자동차는 시운전해 본 결과 저속구간에서 시동꺼짐 및 가속불량 현상이 발생하였다. 또한, 시동이 꺼질 때 엔진의 부조화 현상없이 꺼지는 현상이 발생하였고, 자기진단을 하였을 때는 정상으로 확인되었다.

액·기상 솔레노이드 밸브를 분해하여 확인한 결과 밸브 내부의 조립부 손상으로 인해 연료가 미세하게 누설되면서 연료가 정상적으로 공급되지 않는 것을 확인하였다. 따라서, 이 고장사례의 원인은 액·기상 솔레노이드 밸브의 초기 작동시 연료의 누설에 영향이 없었으나 시간이 지나면서 손상부가 내구성이 떨어

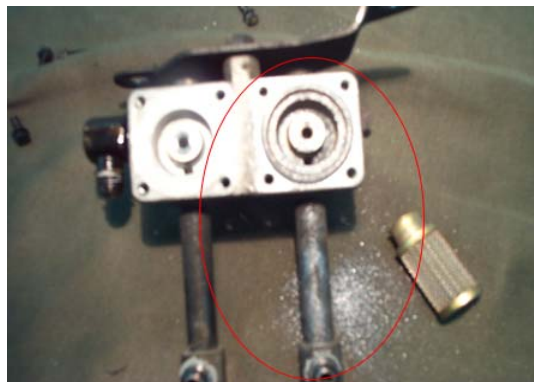


Fig. 6. Internal damage example of liquid-gas solenoid valve

LPG 자동차의 긴급차단밸브 기상필터막힘, 솔레노이드밸브 조립부손상, LPG 스위치 커넥터 핀 접촉불량에 관련된 고장사례 연구

어저 LPG 가스의 누설이 진행되어 연소실로 공급되는 연료의 공급이 제대로 되지 않아 자동차의 시동꺼짐 현상이 발생된 것으로 확인되었다. Fig.6은 액기상 솔레노이드 밸브의 내부손상불량 사례를 보여주는 것이다.

3.2.3 고찰

LPG 연료가 공급되는 공급라인은 정밀하고 견고하게 조립되어야 한다. 조립부가 완전하게 체결되지 않거나 밀봉이 되지 않게 되면 누설이 발생하게 된다. 그리고 규격에 맞지 않는 부품을 조립하거나 재료의 내구성이 떨어진 상태에서 체결하게 되면 시간이 지나면서 내구성이 떨어져 제 기능을 하지 못하게 된다. 따라서 이러한 현상이 발생하지 않도록 철저한 품질 관리를 하여야 한다.

3.3 커넥터와 핀의 배선접촉불량으로 인한 간헐적 시동불량사례

3.3.1 현상

자동차를 운행하던 중 간헐적 시동불량 및 재시동 불량현상이 발생하였다.

3.3.2 분석

이 자동차는 41,345km를 주행한 자동차로 시운전 한 결과 운행하던 중 간헐적으로 시동불량현상이 발생하였고, 다시 시동을 걸려하였을 때 시동이 걸리지 않는 현상이 발생하였다. 이 자동차는 점화코일, 컨트롤 릴레이, 공회전 조절 액튜에이터를 교환하였으나 동일한 현상 발생으로 재입고되었다. 자동차가 입고된 다음 시동상태 및 자기진단상태는 정상으로 확인되었다. 베이퍼라이저 1차압력을 점검하였으나 정상이었고, 메인듀티(Main duty) 및 센서의 출력값도 정상이었다. 현상이 재현되지 않아 장시간 시운전 실시하였으나 현상이 재현되지 않았다. 자동차를 열간상태에서 약 10분정도 시동을 끈 다음, 재시동하였으나 정상이었고, 자기진단을 했을 때 정상이었다. 또한, 크랭크각 센서(Crankshaft position sensor), 캠축 위치 센서(Camshaft position sensor) 출력값도 정상으로 확인되었다. 시동불량상태에서 액·기상 솔레노이드 밸브전원공급상태를 확인하던 중 테스트기 배터리 전원도 확인하였으나 정상이었다.

테스트 램프로 확인하던 중 램프가 미세하게 밝아지는 것을 확인하고, 이는 전원라인에 접촉저항이 생기는 것으로 판단하였다. 확인하던 중 배출가스 재순환장치(Exhaust gas recirculation system; EGR)를 제어하는 10A 퓨즈와 LPG 스위치 사이의 커넥터 핀이 접촉불량이라는 것을 확인하였고, 원인은 핀의 장력불

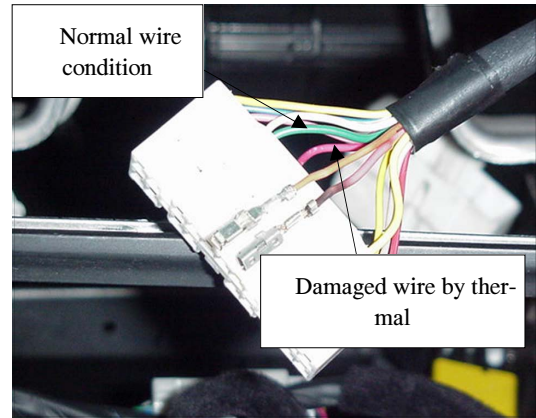


Fig. 7. Damaged wire example by heating

량에 의한 접촉불량으로 과열현상이 발생되어 전선의 피복이 변색된 것을 확인하였다. Fig.7은 배선의 손상된 사례를 보여주는 것이다.

3.3.3. 분석

자동차의 제어부분은 전기적인 신호를 받아야 하기 때문에 배선으로 연결되어 있다. 이러한 배선은 서로 연결되었을 때 접촉불량현상이 생기게 되면 시스템의 작동불량 현상이 생긴다. 또한, 배선의 단락으로 인해 과전류가 흐를 경우 배선의 소손 현상이 발생되고 제어부에 손상이 발생할 수 있다. 따라서, 전기적인 접촉상태가 완전한지 배선의 단선이 있는지 철저히 관리하여야 한다.

IV. 결론

LPG 자동차의 긴급차단 솔레노이드 밸브필터막힘, 액·기상 솔레노이드 밸브 내부불량, 커넥터와 핀의 접촉불량 등에 관련된 고장사례를 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 첫번째 사례는 긴급차단 밸브를 확인한 결과 밸브의 기상측이 미세한 이물질에 의해 오염되어 막힘으로 인해 연료공급이 되지 않는 현상을 확인하였다.
- 2) 두번째 사례는 액·기상 솔레노이드 밸브의 초기 작동시 연료의 누설에 영향이 없었으나, 손상부의 내구성이 떨어져 LPG 가스의 누설이 진행되어 연소실로 공급되는 연료의 공급이 잘 되지 않아 시동꺼짐 현상이 발생된 것을 확인하였다.
- 3) 세번째 사례의 원인은 EGR 10A 퓨즈와 LPG 스위치 사이의 커넥터 핀이 장력불량에 의한 접촉불량

으로 과열현상이 발생되어 선이 소손된 것을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] Chung Kyun Kim, Il Kwon Lee and Seung Hyun Cho, “ Study for Failure Examples of Solenoid Valve, Relay and Idle Speed Actuator in Liquid Petroleum Gas Vehicle Engine”, *KIGAS*, 15(3), 47-52, (2011)
- [2] Il Kwon Lee, Young Kyu Kim and Chang Ho Kook, “ Study for Failure Cases on Engine Electronic Control Computer in Liquid Petroleum Gas Vehicle”, *KIGAS*, 15(6), 27-33, (2011)
- [3] Il Kwon Lee, Seung Hyun Cho and Han Goo Kim, “Study for Failure Examples of Injector, Idle Speed Actuator and Gasket in LPi System Vehicle”, *KIGAS*, 16(3), 48-53, (2012)
- [4] Hyundai Motor company, “Service Manual-EF Sonata Taxi”, (1998)
- [5] Sierens, R., “An Experimental and Theoretical of Liquid LPG Injection”, SAE Paper 922363, (1992)
- [6] Saraf, R., Thipse, S., and Saxena, P., “Case Study on Endurance Test of LPG Automobile Engine”, SAE paper 2008-01-2756, (2008)
- [7] Sawut, U., Takigawa, B., Konagai, G., Yasukawa, H. et.al., “Modelling and Engine Speed Control of LPG Injection System”, SAE paper 2008-01-1020, (2008)
- [8] Lee I. K, et al., “ Fault Diagnosis of Automotive”, Sunhak, (2003)
- [9] Maintenance Manual of Hyundai Motors, (2020)
- [10] Maintenance Manual of Kia Motors, (2020)