



## LPG 자동차의 엔진오일누설, 핀 손상에 의한 접촉불량, 베이퍼라이저 내부불량으로 인한 고장사례연구

†이일권 · 국창호 · 함성훈 · 이승용 · 이재강\*

한승민\* · 황우찬\* · 장대천\* · 유창배\*\* · 이정호\*\*\*

대림대학교 미래자동차공학부 교수, \*대림대학교 대학원 석사과정,

\*\*신성대학교 자동차과 교수, \*\*\*인하대학교대학원 기계공학과 박사과정

(2022년 11월 10일 접수, 2022년 12월 9일 수정, 2022년 12월 10일 채택)

## A Study for Failure Examples Including with Engine Oil Leakage, Poor Contact by Fin Damage and Vaporizer Inferiority on LPG Automotive

†IL Kwon Lee · Chang Ho Kook · Sung Hoon Ham · Seung Yong Lee  
Jae Gang Lee\* · Seung Min Han\* · Woo Chan Hwang\* · Dae Cheon Jang\*  
Chang Bae You\*\* · Jeong Ho Lee\*\*\*

*Division of Future Automotive Engineering, Daelim University College,*

*\*Graduate School of Automotive Engineering, Daelim University College,*

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

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

*(Received November 10, 2022; Revised December 9, 2022; Accepted December 10, 2022)*

### 요약

이 논문은 LPG 자동차의 캠축베어링 시일의 오일누설, 컴퓨터커넥터 핀 손상에 의한 접촉불량, 베이퍼라이저 배부불량으로 인한 고장사례에 대하여 현상을 분석, 연구한 것이다. 첫 번째 사례는 실린더 헤드를 분해하여 확인한 결과 타이밍 시스템에서 가까운 엔진의 흡기캠축의 베어링과 시일의 조립부 손상으로 인해 이 부위로 엔진오일이 누설되는 것을 확인하였다. 두 번째 사례는 엔진컴퓨터로 공급되는 자동차의 시동을 제어하는 전원선의 커넥터 핀이 손상되어, 전원이 공급되지 않아 시동이 꺼진 것을 확인하였다. 세 번째 사례는 베이퍼라이저 내부에 이물질의 퇴적으로 인해 가스의 흐름이 원활하지 못하여 엔진의 부조화현상이 발생되었다. 결국, 베이퍼라이저에서 믹서로 적은 양의 가스를 공급하게 되고, 믹서의 스톱 열림량을 제어하는 컴퓨터는 그 열림량만큼 공기를 공급하게 됨으로써 연소실에서 혼합기는 희박한 상태가 되어 엔진의 적정출력을 내지 못하는 것을 확인하였다. 따라서, 자동차가 최적의 운전조건이 될 수 있도록 자동차관련 시스템의 관리를 철저히 해야한다.

**Abstract** - This paper is a purpose to Analyze and study the failure examples for a engine oil leakage of camshaft bearing seal, poor contact by computer connector fin damage and vaporizer inferiority on LPG automotive. The first example, when the researcher disassembled the cylinder head of engine to establish the cause for oil leakage, he confirmed the engine oil leakage by damaged between the engine intake camshaft bearing and seal part. The second example, the connector fin of power source line that control the starting of a car supplied with engine computer. As a result, it found the fact that the engine operation stopped because of cutting of the power source by connector fin damage. The third example, it verified the engine incongruity phe

†Corresponding author: iklee@daelim.ac.kr

LPG 자동차의 엔진오일누설, 핀 손상에 의한 접촉불량, 베이퍼라이저 내부불량으로 인한 고장사례연구

cutting of the power source by connector fin damage. The third example, it verified the engine incongruity phenomenon as the gas didn't flow the vaporizer by foreign substance deposit. Finally, it supplied a small quantity gas from vaporizer to mix. As the computer controlling mix opening condition supplied an air as opening signal, the air and fuel became rarefied state. it knew that the engine didn't produce proper power. Therefore, a car have to thoroughly inspect not in order to arise the failure symptoms.

**Key words** : engine, oil leakage, fin contact damage, vaporizer, incongruity, failure

## I. 서론

인류의 삶에서 가장 중요한 서로간의 교류의 삶은 인간의 끊임없는 발전을 도모하고 지식의 밸런스를 조화롭게 하여 인간의 삶을 평등하게 하는 요인이라고 할 수 있다. 이러한 인간의 삶의 지대한 공헌을 한 것이 자동차의 출현이라고 할 수 있다. 인간이 걷고 뛰고 하던 삶에서, 동물을 이용하여 이동하던 수단에서 한 단계 도약한 자동차 시대는 과학기술의 발전의 의미보다도 인간의 삶을 급속하게 발전시켰고, 인간의 교류(communiction)를 빠르게 증가시켰다. 이러한 자동차는 자동차를 구동하는 연료원의 효율문제에 부딪혀 오랜 시간동안 새로운 시스템의 개발을 추구하였다. 이러한 새로운 시스템의 획기적인 연료원이 석유계 연료로 그동안 자동차는 인간의 삶을 수천년동안 인류의 노동력에 의지하던 것을 몇백년만에 인류의 과학기술을 급속하게 변화시켰다. 최근 자동차는 종합기계로의 역할뿐만 아니라, 전기전자, 항공우주, 정보통신, 금속과 다양한 산업의 융합체로 만들어지고 있다. 그러나 급격한 자동차의 증가와 화석연료의 과다 사용은 인간의 환경을 파괴하였고, 이상기온의 변화를 가져오는 상태가 되었다. 결국 인간은 인류의 미래적 생존문제에 부딪히게 되었고, 이러한 환경문제의 해결을 위한 다양한 연구를 하고 있다. 액화석유가스 자동차의 개발도 이러한 환경의 문제를 해결하고자 한 것으로, 액화석유가스 자동차는 가솔린과 경유가 연소할 때 발생하는 배출가스의 유해성분을 감소시킨 것이라 할 수 있다. 이러한 액화석유가스는 연소실에 액화석유가스를 기화시켜 연소시킴으로써 엔진을 작동하였다[1]. 최근에는 겨울철 시동성과 연소효율을 향상시킨 액체상태로서 직접 분사하여 연소하는 액상분사방식이 개발되어 최적화되고 있다[2,3]. 최근에는 운행하는 자동차의 고장사례를 분석하여 이를 고찰하는 것에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다 [4,5].

이 논문은 LPG 자동차의 캠축베어링 시일부 헤드면의 오일누설, 컴퓨터커넥터 핀 손상에 의한 접촉불량, 베이퍼라이저 내부불량으로 인한 고장사례들에

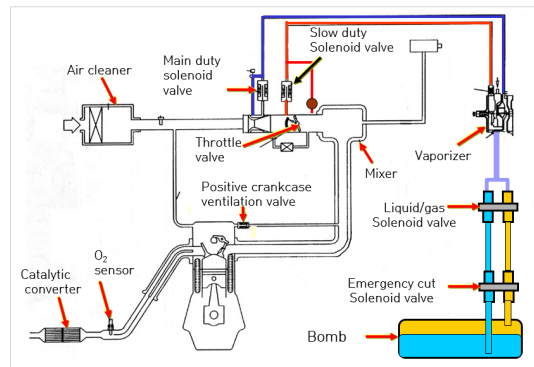
대하여 현상을 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 2.1 LPG 엔진시스템의 특성

LPG 자동차의 엔진은 가솔린 엔진시스템과 달리 연소실에 액화석유가스를 공급하여 연소함으로써 엔진이 작동하게 된다. 액화석유가스탱크에서 공급되는 연료는 액체와 기체상태로 조건에 따라 공급된다. 이 가스는 베이퍼라이저를 통해 가스압력을 낮추어 믹서를 통해 연소실로 공급된다. 최근에는 겨울철 시동성을 향상시키고 연소효율을 높이기 위해 액체상태에서 연소실로 직접 분사하는 액상분사방식도 개발되어 적용되었다. 이러한 액화석유가스 엔진은 가솔린과 경유를 사용한 엔진보다 배기가스의 유해성분을 감소시킨다는 장점을 갖고 있다.

Fig.1은 베이퍼라이저와 믹서를 사용한 제어시스템의 메커니즘을 보여주는 것이다. Fig.2는 액화석유가스 저장탱크에서 공급된 액상의 가스를 인젝터를 통해 직접 분사하여 연소하는 시스템을 보여주는 것이다.



**Fig. 1.** Control mechanism of LPG vehicle with vaporizer and mixer

## 2.2 관련시스템 설명

### 2.2.1 LPG 엔진오일의 특성

액화석유가스 자동차 엔진의 연소실에 가스를 기화상태 또는 액상으로 분사하여 연소할 경우 엔진의 움직이는 부분에는 엔진의 오일이 공급되어 작동한다. 특히, 액화석유가스가 연소하는 엔진의 연소온도는 가솔린 엔진의 연소열보다 높으며, 이 높은 온도는 엔진오일의 점성에 영향을 주게 된다. 이러한 연소실의 높은 온도는 엔진오일의 점성을 떨어뜨려 피스톤과 밸브스텝시일을 통해 연소실을 통해 배기과정에서 더 많이 빠져나가게 된다. 따라서, 액화석유가스 자동차의 엔진오일의 소모는 가솔린엔진오일의 소모보다 더 많으며, 엔진오일의 관리에 참조하여야 한다. 따라서, 액화석유가스 자동차의 경우에는 액화석유가스자동차의 전용오일을 사용하는 것을 추천하고 있다[1,2]. 특히 엔진의 내구성이 더 떨어진 액화석유가스자동차의 엔진오일 관리는 좀 더 세심하게 관리하여야 한다.

### 2.2.2 엔진 ECU

자동차 엔진의 최적제어를 위해 전자제어 시스템은 대단히 중요하다. 이러한 전자제어 시스템을 제어하는 두뇌 역할을 하는 것이 엔진제어 컴퓨터이다. 자동차엔진 시스템의 각 작동부에 설치되어 있는 센서의 신호를 받아 엔진 컴퓨터에 보내면 컴퓨터에서는 최적의 조건을 산정하여 작동기에 작동을 하라는 제어명령을 내려 엔진의 최적제어를 하게된다. 이렇게 함으로써 엔진은 최적의 상태로 작동하고 엔진의 효율을 극대화하게 된다. 엔진전자제어 시스템의 장점은 기존의 비전자제어식인 기계식방식에 비해 최적제어가 가능하고, 연비를 향상시키고, 엔진의 효율을 극대화시킬 수 있다. 그리고 최근 전세계적으로 가장

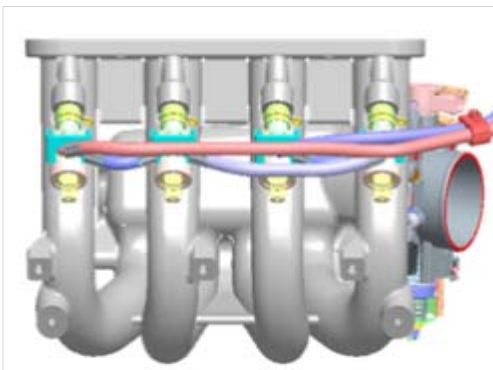


Fig. 2. Control mechanism of a car with Liquid petroleum injection[6]

큰 환경문제인 배기가스를 최소화하는 시스템으로 평가되고 있다.

### 2.2.3 베이퍼라이저

베이퍼라이저(vaporizer)는 LPG 연료탱크에서 공급되는 액체의 가스를 감압하여 기체로 변환시켜 엔진의 출력 및 연료 소비량에 맞도록 압력을 조정하여 믹서에 가스를 공급하는 부품이다. 베이퍼라이저 내부로 공급되는 LPG 가스는 액체에서 기체로 변화할 때 주변의 증발 잠열을 빼앗아 온도가 낮아지기 때문에 베이퍼라이저의 밸브를 동력시켜 엔진에 적당한 양의 연료를 공급시킬 수 없게 되는 동결(Icing) 현상이 발생한다. 이 현상을 방지하기 위해 베이퍼라이저에 온수 통로가 설치되어 있다.

## III. 고장관련 사례

### 3.1 엔진오일 누유로 인한 오일부족사례

#### 3.1.1 현상

자동차의 엔진오일을 점검하였을 때 엔진오일이 과다 소모되는 현상이 발생되었다.

#### 3.1.2 분석

엔진의 엔진후드를 열고 엔진오일 점검 레벨게이지를 이용하여 엔진오일을 확인하였을 때 엔진오일의 양이 크게 줄어 든 것을 확인하였다. 육안으로 엔진 외부에서의 누설상태를 확인하였을 때 엔진오일의 누설상태를 확인할 수 없었다. 자동차를 리프트(lift)에 위치하여 들어 올리고 엔진의 하체등을 점검하였으나 엔진오일의 누설원인을 찾을 수 없었다. 엔진을 탈거하여, 실린더 헤드를 분해하여 확인한 결과 타이밍 시스템에서 가까운 캠축의 베어링과 시일조립부위의 손상으로 인해 이 부위로 엔진오일이 누설된

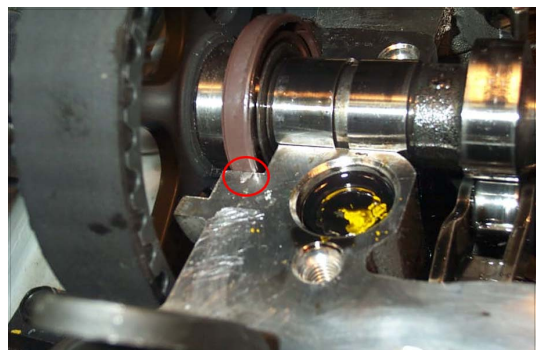


Fig. 3. Engine leakage example by damaged camshaft bearing and seal assembly part

것을 확인하였다.

유체의 흐름을 제어하는 시일은 유체의 누설을 위해 최적의 상태로 설계되어야 하고, 내구성이 극대화되어야 한다[7]. Fig.3은 캠축의 베어링부와 시일조립부의 손상으로 인해 오일이 누설된 사례를 보여주는 것이다.

### 3.1.3 고찰

엔진 내부의 움직이는 부분에는 오일이 공급되어 윤활작용을 하게 된다. 이러한 움직이는 부분과 연결되는 부위에는 오일의 누설을 방지하기 위해 시일(seal)이나 오일링 등이 설치된다. 이러한 부분에는 오일의 누설로 인해 상대운동을 하는 부위에 고장의 원인이 될 수 있으므로 세심한 점검과 관리를 통해 시스템의 고장을 최소화해야 한다.

## 3.2 주행중 급감속할 때 엔진정지사례

### 3.2.1 현상

자동차를 운행하던 중 운전자가 급감속하였을 때 엔진정지 현상이 발생되었다.

### 3.2.2 분석

시운전하였을 때 관련부품을 기계적인 점검과 육안으로 점검하였으며 정상으로 확인되었다. 자동차의 자기진단기를 이용하여 자기진단점검을 하였으나, 정상으로 확인되었다. 좀더 정밀하게 점검하기 위해 로드테크(roda tech)를 장착하여 1시간정도를 시운전점검하였을 때 시동꺼짐현상을 확인하였다. 원인은 자동차엔진의 제어 컴퓨터인 엔진컴퓨터(Engine control unit)로 공급되는 자동차의 시동을 제어하는 ON/SAART 전원선의 핀이 밀린 것을 확인하였다. 이것은

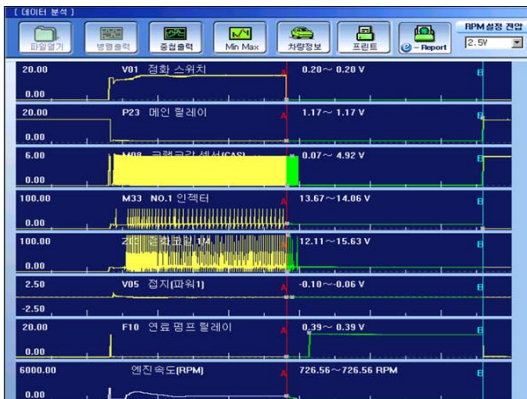


Fig. 4. Inspection waveform of a car using self-diagnosis tester

운전자가 운전중 급격하게 감속하였을 어떤 조건이 되었을 때 접촉불량 현상이 나타난 것으로 확인되었다. 즉 엔진시동시 걸려 있는 상태에서 어떤 조건이 되었을 때 전원선의 핀이 밀려 전원이 공급되지 않아 시동이 꺼진 것이라 판단되었다. 이러한 현상은 간헐적인 시동꺼짐현상으로 시동을 걸고 오랫동안 시운전하면서 발생될 수 있는 조건으로 운전을 하면서 원인을 찾기는 쉽지 않은 고장사례이다. 따라서, 이러한 경우 자기진단기를 이용하여 전기적인 신호를 파형(pulse form)으로 보여주는 형상을 이용하지 않으면 원인을 찾기가 쉽지가 않다. 이 고장사례를 확인한 자기진단기의 파형은 Fig.4에서 보는 바와 같이 A위치에서 핀의 접촉불량현상에 의해 전원이 끊어지면서 시동이 꺼지기 시작하면서 B 지점에서 완전히 시동이 꺼지는 순간을 보여준다.

이것은 운행중 어떤 순간이 되었을 때 접촉불량 현상이 되어 전원이 차단됨으로써 엔진정지현상이 발생하는 것을 확인한 것이다. 운행중 어떤 조건에서 간헐적으로 시동이 꺼지는 것을 찾아낸다는 것은 대단히 어려운 것이다. 따라서, 초기 생산시에 철저한 품질 확보를 통한 품질의 신뢰성을 확보하는 것이 대단히 중요하다고 할 수 있다. 자동차 커넥터에서 핀 빠짐의 고장분석을 통해 커넥터의 고장을 최소화하는 연구도 꾸준히 진행되고 있다[8]. Fig.5는 엔진 ECU의 전원핀이 밀려 고장난 사례를 보여주는 것이다.

### 3.2.3 고찰

엔진의 제어부에 연결되는 전기적인 신호를 주는 전기배선과 제어부의 연결은 관련 시스템이 정상적으로 작동하는 데 대단히 중요하다. 자동차의 내구성이 떨어지거나 관련부품을 장착할 때 연결부를 확실하게 고정하지 않으면 자동차가 운행할 때 진동이나

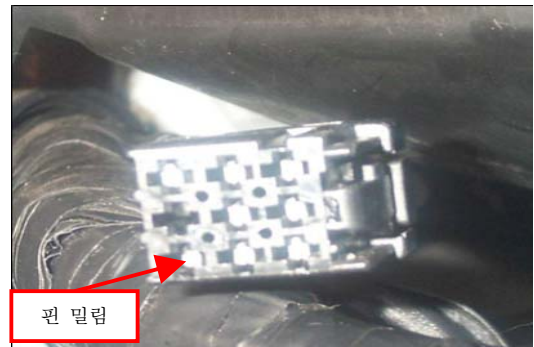


Fig. 5. Breakaway shape of connector fin assembled Engine ECU

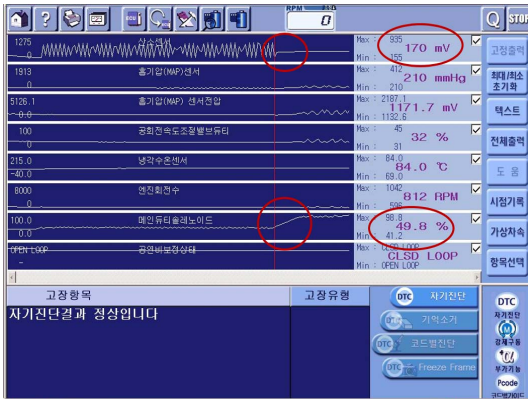


Fig. 6. Inspection result using self-diagnosis tester before vaporizer exchange

접촉불량에 의해 정확한 제어를 할 수 없게 된다. 따라서, 전기적인 시스템의 접촉상태는 대단히 중요하다. 이러한 접촉상태에 의한 제어의 정확성은 시스템의 신뢰성 확보에 대단히 중요하다. 따라서, 철저한 점검과 관리를 통해 시스템의 고장을 최소화하도록 해야 한다.

### 3.3 주행후 정차시 엔진부조화사례

#### 3.3.1 현상

운전중에 운전자가 신호등에서 차량을 정차하였을 때 엔진의 회전수가 500~1,000rpm으로 변화하며 엔진의 부조화 현상이 발생하였다.

#### 3.3.2 분석

이 자동차는 시운전한 결과 운행중 정차하였을 때 엔진의 회전수가 정상적인 공회전과는 다르게 500~1000rpm으로 변화하며 엔진의 부조화 현상이 발생되는 것을 확인하였다. 또한 공회전조절액츄에이터(Idle speed actuator)의 듀티값이 30~45%로 변화하였다. 이러한 현상은 엔진이 열간상태에서 발생하였으며 계속적으로 반복하여 발생되었다. 원인은 베이퍼라이저 내부의 내구성이 떨어져 가스유입에 의한 이물질의 퇴적으로 인해 가스의 흐름이 원활하지 못하여 이러한 현상이 발생된 것으로 판단되었다. 이로 인하여 믹서에 적은 양의 가스를 공급하게 되고 믹서의 스톨 열림량을 제어하는 컴퓨터에서는 그 열림량만큼 공기를 공급하게 됨으로써 연소실에서 혼합기는 희박한 상태가 되어 엔진의 적정출력을 내지 못하고 엔진의 회전상태가 부조화하는 상태가 된 것으로 확인되었다. Fig.6은 베이퍼라이저 교환전의 고장진단기에 의한 자기진단상태를 보여주는 것이다.

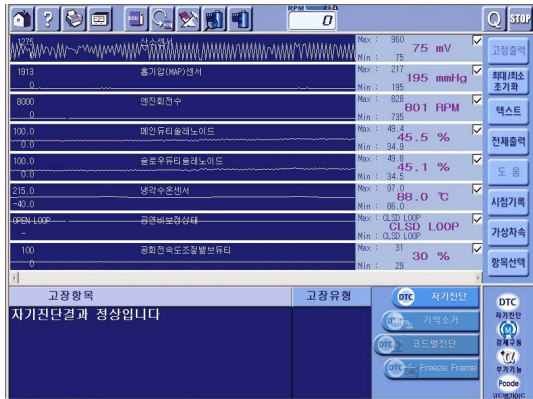


Fig. 7. Inspection result using self-diagnosis tester after vaporizer exchange

Fig.6에서 보면 엔진의 ECU는 산소센서를 통해 공연비가 희박하다고 판단하여 메인듀티(Main duty)를 98.8%까지 높여 제어하지만 베이퍼라이저의 내부불량으로 인해 실제 49.8%로 계속적으로 공급되어 희박하다는 데이터로 계속 연소실에 유입되는 것으로 공회전상태에서 부조화현상이 발생되었다. Fig.7은 베이퍼라이저 교환후에 고장진단기에 의한 정상적인 진단사례를 보여주는 것이다. Fig.7에서는 메인듀티 솔레노이드의 제어는 제어값과 실제 공급하는 것이 동일하기에 엔진의 부조화 현상이 제거되었다.

#### 3.3.3.고찰

액화석유가스 자동차의 베이퍼라이저는 연료탱크에서 공급된 연료를 기화시키는 대단히 중요한 부품이다. 그러나 이 부품이 액체의 가스를 기화시킬 때 가스의 흐름이 불량하거나 내부의 부품의 내구성이 떨어지게 되면 기화를 하여 믹서로 공급되는 가스의 공급상태가 문제가 발생되어 공기와의 적절한 공연비가 맞지 않아 연소시 엔진의 성능에 영향을 줄 수 있다.

## IV. 결론

LPG 자동차의 캠축베어링 시일부의 오일누설, 엔진컴퓨터 핀밀림에 의한 접촉불량, 베이퍼라이저 내부불량으로 인한 가스누출에 대한 고장사례를 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 첫번째 사례는 엔진의 실린더 헤드를 분해하여 확인한 결과, 타이밍 시스템에서 가까운 캠축의 베어링부와 시일 조립부의 손상으로 인해 이 부위로 엔진

오일이 누설되는 것을 확인하였다.

2) 두번째 원인은 엔진컴퓨터로 공급되는 자동차의 시동을 제어하는 전원선의 커넥터 핀이 손상되어, 전원이 공급되지 않아 시동이 꺼진 것을 확인하였다.

3) 세번째 원인은 베이퍼라이저 내부의 내구성이 떨어져 가스유입에 의한 이물질의 퇴적으로 인해 가스의 흐름이 원활하지 못하여, 믹서에 적은 양의 가스를 공급하게 되고 믹서의 스로틀 열림량을 제어하는 컴퓨터에서는 그 열림량만큼 공기를 공급하게 됨으로써 연소실에서 혼합기는 희박한 상태가 되어 엔진의 적정출력을 내지 못하고 엔진의 회전상태가 부조화하는 현상이 발생된 것을 확인하였다.

### REFERENCES

- [1] Hyundai Motor Company, *Service Manual-EF Sonata Taxi*, (1998)
- [2] Hyundai and Kia Motors, *전자제어 LPI 시스템*, (2003)
- [3] A. A., Boretti, H. C., Watson, “Development of a Direct Injection High Efficiency Liquid Phase LPG Spark Ignition Engine”, *SAE Paper 2009-01-1881*, (2009)
- [4] Lee, I. K., et al., “Fault diagnosis of Automotive”, Sunhak, (2003)
- [5] Lee, I. K., et al., “ Study for Failure Cases on Engine Electronic Control Computer un Liquefied Petroleum Gas Vehicle”, *KIGAS*, 15(6), 28-33, (2011)
- [6] Lee, I. K., et al., “ A Study for Failure Examples Including with Timing Belt, Camshaft Position Sensor and Ignition Coil Damage Of LPG Vehicle Engine”, *KIGAS*, 26(3). 54-59, (2022)
- [7] Lee, I. K and Kim, C. K., “ Experimental Study in the Leakage Characteristics of Valve Stem System”, *Journal of the KSTLE*, 20(4), 204-208, (2004)
- [8] Hotra, Z., Siedlik, H., Woods, J., Kolberg, R. et al., “Failure Analysis of Terminal Pullout in Automotive Connectors”, *SAE Paper 910880*, (1991)