



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

가솔린 엔진의 냉각수 온도 변화에
따른 고장원인 분석

濟州大學校 産業大學院

機 械 工 學 科

文 鍾 喆

2020年 6月

가솔린 엔진의 냉각수 온도 변화에 따른 고장원인 분석

指導教授 鄭 志 賢

文 鍾 喆

이 論文을 機械工學 碩士學位 論文으로 提出함

2020年 6月

文鍾喆의 機械工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (인)
 委 員 _____ (인)
 委 員 _____ (인)

濟州大學校 産業大學院

2020年 6月

An Anlysis of the Sources of Gasoline Engine
Failure with Coolant Temperature Change

Moon, Jong Chul

Supervised by Proffesor Jeong, Ji Hyeon

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement
for the degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering
Graduate School of Industry
Jeju National University

2020. 6

- iii -

목 차

List of figures	iii
List of tables	vi
Summary	vii
I. 서 론	1
1. 1 연구배경	1
1. 2 연구목적	4
II. 고장진단 해석	5
2. 1 가솔린엔진 고장진단	5
2. 1. 1 육안에 의한 가솔린엔진 고장진단 시스템	5
2. 1. 2 전자제어 기관 고장진단	6
2. 2 냉각장치 고장진단	8
2. 2. 1 냉각장치	8
2. 2. 2 냉각장치 구성	10
2. 2. 3 냉각장치 고장시 현상	18
2. 2. 4 냉각장치 진단방법	19
2. 3 윤활장치 고장진단	20
2. 3. 1 윤활장치	20
2. 3. 2 윤활장치 구성	21
2. 3. 3 윤활장치 고장시 현상	25
2. 3. 4 윤활장치 진단방법	26
2. 4 연료장치 고장진단	27
2. 4. 1 연료장치	27
2. 4. 2 연료장치 구성	28

2. 4. 3 연료장치 고장시 현상	33
2. 4. 4 연료장치 진단방법	33
2. 5 배출가스 저감장치 고장진단	35
2. 5. 1 배출가스 저감장치	35
2. 5. 2 배출가스 저감장치 구성	37
2. 5. 3 배출가스 저감장치 고장시 현상	46
2. 5. 4 배출가스 저감장치 진단방법	47
III. 실험 및 방법	49
3. 1 계측 시스템	49
3. 1. 1 실험 엔진	49
3. 1. 2 측정 장비	51
3. 2 고장 상황별 실험	53
3. 2. 1 실험 조건	53
3. 2. 2 워터펌프 고장상황 실험	54
3. 2. 3 냉각수온 조절기 고장상황 실험	55
3. 2. 4 냉각팬 고장상황 실험	57
3. 2. 5 냉각수 호스 막힘 고장상황 실험	57
3. 2. 6 냉각수 부족 고장상황 실험	58
IV. 실험결과 및 고찰	60
4. 1 고장 상황별 냉각수 온도변화	60
4. 2 냉각수 온도변화 비교	67
V. 결론	72
VI. 참고문헌	74

List of Figures

Fig. 1 Number of year-by-year increases in cars	2
Fig. 2 Hi-DS Scanner with electronic control diagnosis	7
Fig. 3 G-Scan2 with smart diagnostic	7
Fig. 4 Water cooled cooling system	9
Fig. 5 Water jacket circulation	9
Fig. 6 Cylinder head and cylinder block water jacket	10
Fig. 7 Water pump structure	11
Fig. 8 Cooling fan structure	12
Fig. 9 Radiator structure	13
Fig. 10 Radiator cap structure	14
Fig. 11 Behavior of pressure type radiator caps	15
Fig. 12 Wax pellet type water temperature regulator	16
Fig. 13 Cooling water temperature sensor structure	17
Fig. 14 Instrument panel coolant temperature gauge	18
Fig. 15 Lubrication system structure	20
Fig. 16 Oil strainer structure	22
Fig. 17 Crescent pump structure	22
Fig. 18 Oil filter structure	23
Fig. 19 Oil cooler structure	24
Fig. 20 Fuel device basic structure	27
Fig. 21 Composition of petrol fuel system	28
Fig. 22 Fuel pump structure	29
Fig. 23 Delivery pipe	30
Fig. 24 Fuel pressure regulator	31
Fig. 25 Injector structure	32

Fig. 26 Exhaust gas-reducing device	37
Fig. 27 PCV valve structure	39
Fig. 28 Fuel evaporative emission control system	40
Fig. 29 Fuel tank cap valve operation dependent on pressure	41
Fig. 30 Fuel tank pressure sensor	42
Fig. 31 Oxygen sensor structure	43
Fig. 32 Systematic diagram of exhaust recirculating system	44
Fig. 33 Operation of the EGR valve	44
Fig. 34 Structure of catalyst converter	45
Fig. 35 Gasoline 1.6 GDI engine simulator	49
Fig. 36 Comprehensive car diagnostic machine (HI-DS Premium)	51
Fig. 37 Experimental equipment and measuring equipment	53
Fig. 38 Comparison of normal and defective water pumps	54
Fig. 39 Comparison of normal thermostat and bad thermostat	56
Fig. 40 Comparison before and after cooling fan failure	56
Fig. 41 Coolant hose failure test	59
Fig. 42 Comparison of normal and bad coolant hoses	59
Fig. 43 Normal engine coolant temperature variation	60
Fig. 44 Water pump failure engine coolant temperature change	61
Fig. 45 Coolant thermostat failure engine coolant temperature change	62
Fig. 46 Coolant low fault engine coolant temperature change	63
Fig. 47 Cooling fan failure engine coolant temperature change	64
Fig. 48 Coolant lake blocked engine coolant temperature change	65
Fig. 49 Coolant temperature variation in normal engine and water pump fault engine	67
Fig. 50 Coolant temperature variation of normal engine and thermostat fault engine	68
Fig. 51 Normal engine and low coolant fault engine coolant temperature change	69

Fig. 52 Coolant temperature change in normal engine and cooling fan
failure engine 70

Fig. 53 Normal engine and coolant hose clogged failure coolant
temperature comparison for engine 71

List of Tables

Table 1 Cooling fan basic information	12
Table 2 Radiator cap permissible pressure	14
Table 3 Wax petit type water thermostet basic information	16
Table 4 Sensor resistance by coolant temperature	17
Table 5 Diagnosis and action of cooling system failure	19
Table 6 Check fuel pressure	34
Table 7 Petrol-engine emission generation	36
Table 8 Motor vehicle exhaust gas reduction device	38
Table 9 Petrol passenger car emissions acceptance criteria	46
Table 10 Fuel evaporative emission leak diagnosis table	48
Table 11 Gasoline 1.6 GDI engine specification	50
Table 12 Gasoline 1.6 GDI cooling system specifications	50
Table 13 Comprehensive vehicle diagnostic machine	52

Summary

This study inferred and approached failures of coolant-related parts in petrol installations according to changes in coolant temperature and conducted a study to reduce the time of service center warehousing due to failure of coolant-related parts. Coolant-related parts of the gasoline engine include a water pump, radiator, coolant thermostat, coolant hoses and cooling fans. The only way to identify these components is to disassemble and verify each part in case of failure. In the absence of any coolant related component failure, the change in coolant temperature is maintained at a stable temperature of approximately 75 to 95°C. However, it was confirmed that the temperature change of the coolant is different from the normal temperature change upon failure of each component, and that failure of each component was determined through comparison of this temperature change.

The engine used in the experiment is the G-1.6 Gasoline Direct Injection (GDI), which is currently widely used in subcompact sedans and hybrid vehicles, and is a naturally aspirated four-cylinder double-headed camshaft (DOHC) engine. For the purpose of obtaining the data, the HI-DS Premium (HI-DS Premium) was used to facilitate the collection of data on temperature changes in cooling water. The engine used a method to record the temperature change of the coolant temperature sensor data at idle (600 to 700 rpm), and all experiments were measured indoors to minimize the temperature change according to the ambient temperature with sufficient cooling time before the engine is operated.

The temperature change in the initial normal state was measured, with the impeller of the water pump worn at least 90% and the temperature change

when the coolant thermostat is stuck closed, temperature change when the coolant level is 50% of the coolant level, temperature change when the cooling fan fails, and temperature change when the coolant lake is blocked.

The results of the measurement confirmed that the temperature of the coolant is different from that of the high speed cooling fan and the low speed cooling fan, compared with the temperature of the coolant under normal conditions.

The experiment showed that the failure of the actual engine cooling line could be estimated.

I. 서 론

1.1 연구배경

1886년 독일의 칼 프리드리히 벤츠 (Karl Friedrich Benz)는 “말 없이 달리는 마차를 만들겠다.”며 같은 독일의 발명가 니콜라우스 오토(Nikolaus August Otto)가 발명한 가솔린엔진을 장착한 자동차를 만들었고 페이턴트 모터바겐 (Patent Motorwagen)이란 이름으로 독일에서 특허를 등록하였다. 이것이 자동차의 시초이며 그 이후 자동차는 지금까지 우리 생활 깊숙이 자리 잡으면서 현재 까지 이어져오고 있다.

우리나라의 경우에도 매년 큰 폭으로 자동차 등록 대수가 증가하고 있으며, 최근에는 1가구당 2대의 자동차를 보유할 만큼 많은 자동차가 등록되어있다. Fig. 1은 1966년~2019년까지의 자동차 등록대수와 매년 증가한 자동차 대수를 나타내고 있다.

자동차를 운전하면서 자동차에 대한 정보와 고장의 상황을 운전자에게 가장 먼저 알려주는 것은 바로 계기판(Instrument panel)이다. 일반적인 계기판에는 자동차의 속도와 엔진회전수(RPM : Revolution Per Minute), 각종 경고등 및 지시등 그리고 냉각수 온도를 알려준다. 이런 여러 가지 자동차의 상태를 알려주는 계기판에서도 각종 경고등이나 편의장치에 대한 사용여부 등은 클러스터(Cluster) 화면에 표시 또는 점등되는 식으로 운전자에게 알려주지만 운전을 시작하면서부터 운전이 끝나는 시점 까지 항시 운전자에게 정보를 주는 것은 자동차의 속도와 엔진회전수, 현재 연료량 그리고 냉각수 온도이다. 그만큼 이 네 가지는 운전자에게 중요한 정보이다. 이중에서도 냉각수 온도는 자동차 엔진의 상태를 알 수 있는 좋은 정보이며, 냉각수 온도의 변화에 따라 자동차 엔진성능에 영향을 줄 뿐만 아니라 최근 이슈(Issue)인 배출가스에도 큰 영향을 미친다.

내연기관 가솔린 자동차는 흡입, 압축, 폭발, 배기 4개의 행정과정 중 폭발행정

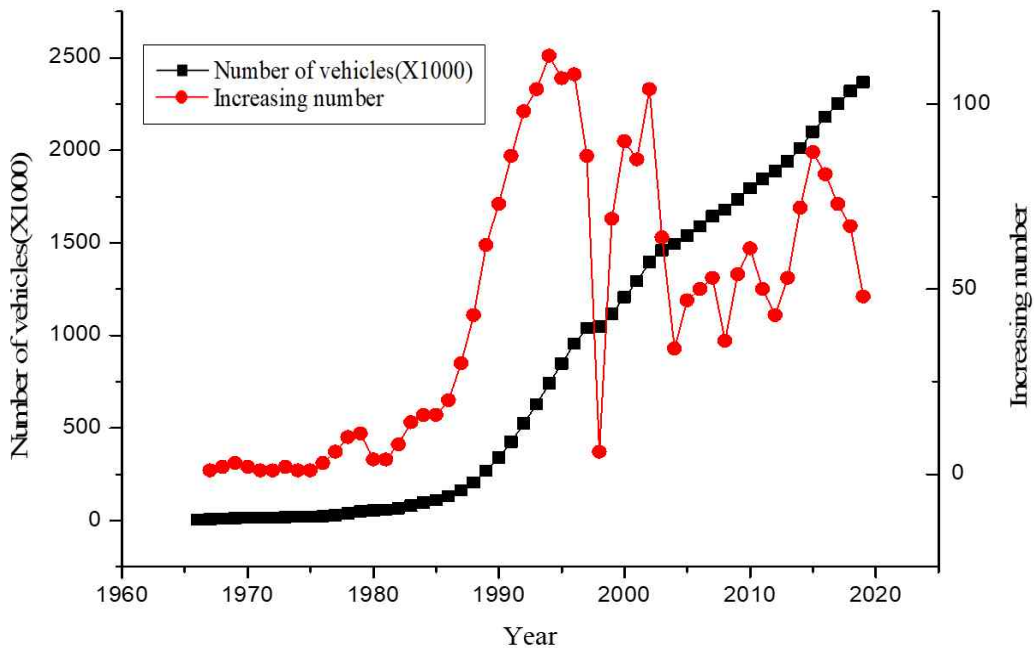


Fig. 1 Number of year-by-year increases in cars

에서 발생하는 열이 1,500~2,000℃에 달한다. 일반적인 가솔린 내연기관의 정상적인 작동을 위한 최적의 냉각수 온도는 약 75~95℃ 정도이며, 이는 실린더 헤드와 실린더 블록의 워터 재킷(Water jacket)에서 냉각수온센서를 이용하여 냉각수의 온도를 측정하고, 이 온도 정보를 엔진컨트롤유닛(ECU : Electronic Control Unit)로 정보를 보내어 수치화된 정보를 운전자가 쉽게 확인할 수 있게 계기판에 표시된다. 또한 이 정보를 각종 액츄에이터(Actuator) 및 변속기컨트롤유닛(TCU : Transmission Control Unit)로 보내 최적의 온도조건을 맞추기 위해 계산된 로직(Logic)에 따른 작동을 하게 된다.

실린더 내부의 연소가스에 의해 발생한 열의 상당량이 실린더 헤드(Cylinder head), 실린더 블록(Cylinder block), 피스톤(Piston), 흡·배기밸브(Air intake·exhaust valve) 등으로 전달된다. 이러한 전달열에 의해 실린더는 지속적으로 열을 흡수하기 때문에 실린더의 과열을 방지하기 위한 냉각장치(Cooling system)가 필요하다. 가솔린 엔진 냉각수 온도는 89~92℃를 기준으로 하며, 이 온도에서 엔진은 최상의 상태를 유지할 수 있다. 냉각수 온도가 상기 기준 온도

를 초과하여 상승하면 유막이 파괴(전단현상 : Shear phenomenon)되고 금속과 금속이 직접 마찰, 출력이 떨어짐으로 자동차 엔진 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 또한 냉각 시스템의 역학은 열부하 저감에 의한 내구성의 확보뿐만 아니라, 노크억제를 통한 자동차엔진 성능 향상과 EGR쿨러(Exhaust Gas Recirculation cooler) 장착 차량의 열화 수행 및 엔진의 배기성능 향상과 연료 소비 절감을 통한 연비 개선 및 워밍업(Warming-up) 시간 단축에 의한 유해 배기가스 저감 등으로 그 기능이 확대되고 있으며, 냉각수온도의 효과적인 전자제어(Electronic control)를 통하여 각 부하 조건별 오일의 온도를 최적으로 제어할 수 있으며, 이로 인하여 마찰 손실 저감의 효과를 간접적으로 얻을 수 있어 자동차 연비의 향상과 유해 배기가스의 저감에 대한 기대를 할 수 있다. 따라서 자동차의 기계적 고장을 예방하며, 배출가스 저감을 위해서라도 냉각장치는 일정한 온도 유지를 위해 항상 정상작동을 유지하여야 한다.

1.2 연구목적

가솔린 내연기관 차량에 매우 중요시되는 냉각장치는 내연기관의 출력, 연료소비율, 기계적 고장에 많은 영향을 주는 요인이 된다. 내연기관 냉각장치에는 라디에이터(Radiator), 라디에이터 캡(Radiator cap), 보조물탱크, 냉각수 호수, 수온조절기, 냉각팬(Cooling fan), 워터펌프(Water pump), 팬 벨트, 워터 재킷 등이 있다. 이 모든 부품이 서로 조화를 이루며 내연기관 냉각수의 적정 온도인 75~95℃를 유지하게 된다. 냉각 장치의 고장으로 정비소에 입고된 차량을 정비하려면 냉각장치의 여러 구성품을 모두 정비해야 정확한 원인을 파악할 수 있다. 구성품이 많으면 그만큼 고장의 원인을 찾는 것이 쉽지 않으며, 냉각장치의 특성상 눈에 보이지 않는 부분이 많기 때문에 고장원인을 찾는 것은 더욱 어렵고, 정확한 원인 판단을 위해서는 냉각장치의 각 부분을 탈거하여 상태를 확인하고 다시 조립하는 방법을 사용함으로써 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

본 연구에서는 내연기관 냉각장치중에서도 대표적이라 할 수 있는 워터펌프, 냉각팬, 냉각수온조절기, 냉각수 호스 막힘, 냉각수 부족 고장에 따른 냉각수 온도변화를 분석하여 실제 냉각장치 고장으로 정비소에 입고되는 차량에 있어 신속하게 고장부위 파악 및 수리를 할 수 있게 HI-DS Premium을 이용하여 가솔린 내연기관의 고장부위에 따른 냉각수 온도변화를 분석하는 방법으로 연구를 진행하였다.

II. 고장진단 해석

2.1 가솔린엔진 고장진단

2. 1. 1 육안에 의한 가솔린엔진 고장진단 시스템

현재 자동차의 진단 시스템은 차량의 전자 제어 유닛(ECU)에서 발생시키는 전기적 신호를 분석하거나 실제 주행하는 운전자와 대화를 통하여 진단하는 방식으로 이어져오고 있다. 그러나 고장으로 인한 진동 및 소음과 같은 특정 현상에 대해서는 실제 운전자에게 정보를 기대하기 어렵고, 전자 신호의 분석만으로는 진단 장비의 구축에 대한 어려움 등이 발생할 수 있다. 오랜 시간 경험이 많은 차량 정비 기술자는 특별한 기기나 진단 장비를 사용하지 않고서라도 자신의 과거 경험과 신체적인 감각 또는 육감을 이용하여 고장원인을 찾아낸다.

예를 들어 무부하 급가속(공회전 중 모든 전기장치 및 냉·난방 장치를 작동하지 않고 순간적인 급가속)을 시도하여 엔진 부조 현상 및 가속 불량이 감지되면 스파크 플러그(Spark plug), 점화코일(Ignition coil), 연료압력 확인, 삼원촉매장치 점검 등을 점검하는 것이 일반적이었다. 그 후 자동차 엔진에도 전자제어어가 도입되면서 오실로스코프(Oscilloscope)를 통해 전류, 전압 등을 화면상에서 확인하여 각각의 전자제어로 작동하는 부품들을 정비하는 방법이 나왔다. 하지만 이러한 방법은 급속도로 발달하는 자동차 기술에 대비하여 노후화된 정비 방법이다. 그래서 지금은 정비 진단의 정확성과 신속성을 높이는 객관적인 정비가 요구되고, 신기술이 적용된 차량이 출시될 때는 지속적인 교육을 통한 정비인력의 교육 또한 이루어져야 한다.

2. 1. 2 전자제어 기관 고장진단

전자제어 엔진의 핵심 부품 중 ECU의 가장 큰 임무는 엔진관리 시스템 (Motronic)의 모든 액추에이터(Actuator)들이 연료의 소비율과 기관의 출력, 유해 배출가스의 저감 그리고 주행 안락성 측면에서 기관이 최적의 상태로 작동하도록 제어하는 것이다. 이와 같은 목표를 달성하기 위해서 수많은 센서들을 이용하여 많은 작동변수들을 감지하며, 이들을 알고리즘(Algorithm)에서 처리하고 그 결과를 이용하여 액추에이터들을 제어하는 신호들이 생성, 출력되게 된다.

마이크로프로세서(Microprocessor)가 내장된 전자제어 진단장치는 유선 또는 무선으로 자동차의 전자제어장치(ECU)에 연결하고 제작사, 모델명 등 차량 관련 정보를 입력하면 각종 센서(Sensor)의 출력 값을 점검하여 정상적인 기관에서의 출력 기준값과 비교하고 이상 여부를 정비사에게 화면 및 음향으로 지시한다. 경우에 따라서 고장부위를 정확하게 진단하므로 유용한 진단 보조 장비라고 할 수 있다. 하지만 센서의 출력 변화를 광범위한 엔진의 운전조건에서 감지 및 검토하여 정확하게 고장을 진단하는 수준에는 크게 부족하다. 따라서 엔진에 어떠한 이상이 있는 경우에 스캐너(Scanner)에서 “정상(Normality)”라고 출력되더라도 공회전 또는 주행중 여전히 고장 증상이 나타나기도 하며 이 때에는 각종 센서 및 액추에이터의 출력 값을 다양한 조건에서 규정치와 비교 분석하여야 한다. 또한 지속적인 고장상태가 아닌 간헐적 고장인 경우에는 주행중 센서들의 작동 데이터를 저장하고 분석을 할 필요가 있어 최근에는 여러 종류의 스캐너들이 사용되고 있다,

시중에서 유통 및 사용되는 스캐너의 종류에는 Hi-Scan, Auto Bahn, Comboy99, Carnics, G-Scan2, Super-Pat 등이 있다. Fig. 2 와 Fig. 3은 최근 가장 많이 사용되는 스캐너 이다.



Fig. 2 Hi-DS Scanner with electronic control diagnosis



Fig. 3 G-Scan2 with smart diagnostic

2.2 냉각장치 고장진단

2. 2. 1 냉각장치

냉각 시스템의 목적은 모든 속도와 모든 작동 조건하에서 가장 효과적인 작동 온도로 엔진을 운전시키는 것이라 할 수 있다. 엔진의 실린더에서 연료와 공기 혼합기가 연소하는 때에 연소가스에 의해 2,200℃, 또는 그 이상의 온도에 도달하게 된다. 이 열의 일부분은 실린더벽, 실린더헤드, 그리고 피스톤에 흡수 되지만, 이러한 것들은 차례로 냉각되어서 높은 온도는 되지 않는다. 즉, 실린더 벽면 온도는 205~260℃ 이상은 되지 않는다.

그러나, 이 온도 이상으로 높아지게 되면 윤활유 피막이 파괴되고, 윤활 성질을 잃게 되어 온도는 보다 더 높아지게 된다. 그런데, 윤활특성이 최적에 도달하게 되는 온도에서 엔진은 가장 잘 작동하게 되는 것이다. 실린더벽과 헤드를 통해 너무 많은 열이 통과하게 되면, 그 열을 제거하는 동안에 엔진의 열효율은 낮아지게 된다.

이들 장치는 보다 빠르게 정상 작동 온도로 도달하게 하는 엔진의 한 부품이며, 비효율적인 냉각 작동시간을 짧게 한다. 엔진이 정상 작동온도에 도달했을 때, 냉각 시스템은 기능을 시작하게 되며, 냉각 시스템은 엔진이 과열 되었을 때 초과된 열을 제거하고, 저속 또는 엔진이 냉각되어 있거나 난기(Warm-up)일 때는 열을 제거하지 않는다. 냉각 시스템은 일반적으로 공랭식과 수냉식이 자동차 엔진에 사용되는데 대부분 자동차 엔진은 수냉식이다. Fig. 4는 수냉식 냉각기관의 구조이고, Fig. 5는 가솔린 기관의 워밍업 전과 후의 냉각수 이동 경로를 나타내고 있다.

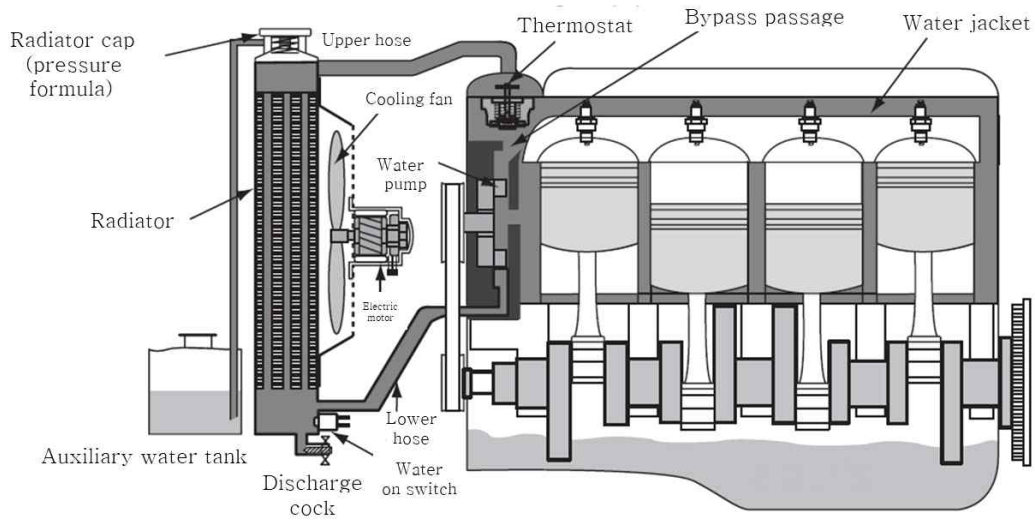


Fig. 4 Water cooled cooling system

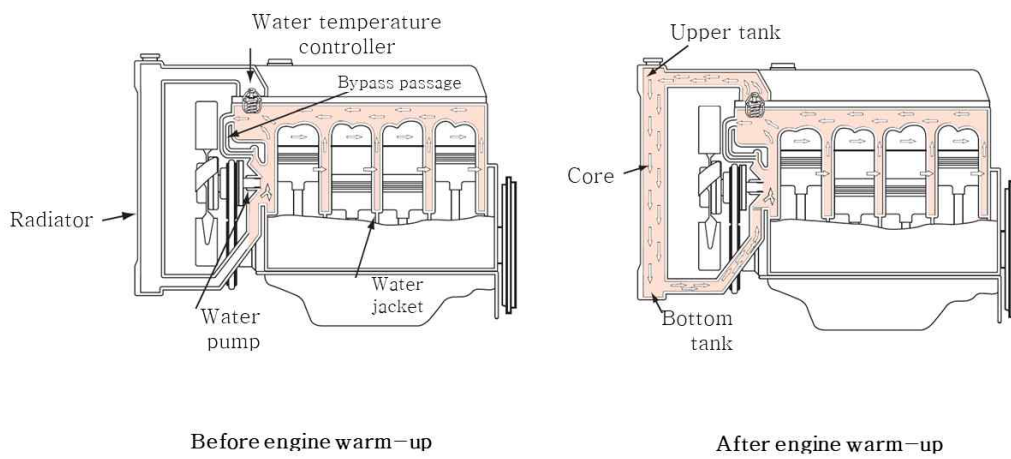


Fig. 5 Water jacket circulation

2. 2. 2 냉각장치 구성

냉각 시스템의 대표적인 구성품은 워터재킷(Water jacket), 워터펌프(Water pump), 냉각 팬(Cooling fan), 라디에이터(Radiator), 수온조절기(Thermostat), 냉각수온센서(ECTS : Engine Coolant Temperature Sensor)가 대표적이다.

워터재킷은 실린더 헤드 및 블록에 일체 구조로 된 냉각수가 순환하는 물 통로이다. 이 물 재킷을 지나는 냉각수는 실린더 벽과 밸브 시트, 밸브 가이드 및 연소실 등의 열을 냉각시킨다. 실린더 헤드와 실린더 블록에서의 워터재킷의 모습은 Fig. 6과 같다.

워터펌프는 구동벨트를 이용하여 크랭크축(Crankshaft)에 의해 구동되는 것이 일반적이며, 실린더헤드 및 블록의 물재킷과 라디에이터, 오일쿨러(Oil cooler) 등으로 냉각수를 순환시키는 원심력펌프다. 워터펌프의 능력은 물을 내보내는 양으로 표시하며, 펌프의 효율은 냉각수 온도에 반비례하고 압력에 비례한다. 따라서 냉각수에 압력을 가하면 워터펌프의 효율은 증대된다. 수냉식 기관의 워터펌프의 일반적인 구조는 Fig. 7과 같다.

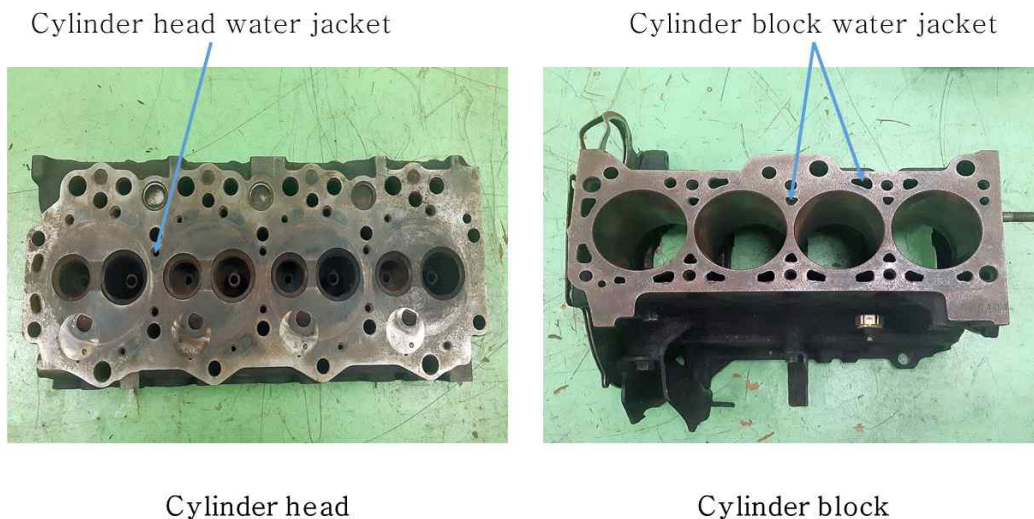


Fig. 6 Cylinder head and cylinder block water jacket

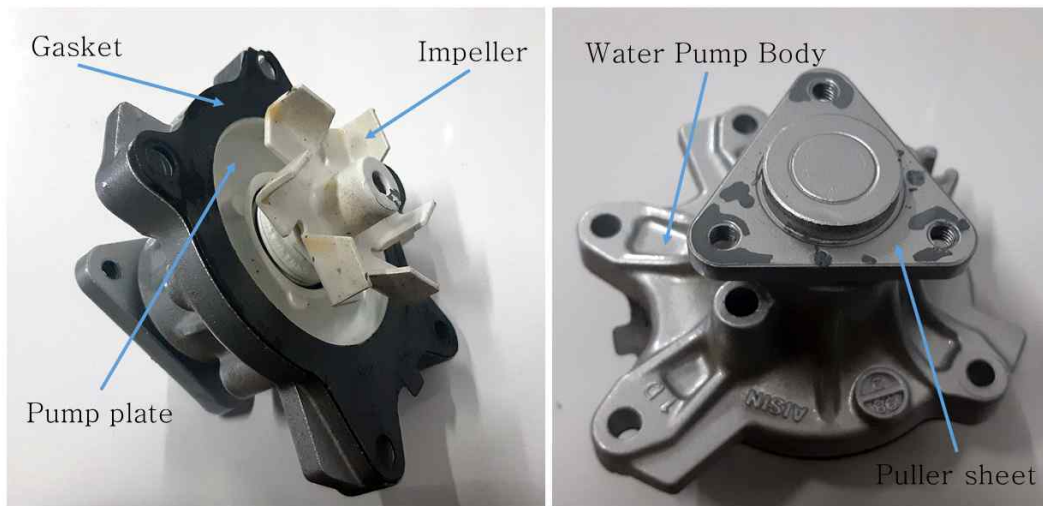


Fig. 7 Water pump structure

냉각 팬은 워터펌프 축과 일체로 회전하며, 라디에이터를 통하여 뜨거워진 공기를 흡입하고 라디에이터 통풍을 도와주는 기능을 한다. 냉각 팬은 일반적으로 플라스틱으로 만들어져 있고, 엔진의 구조와 용량에 따라 4~6개의 날개로 되어 있으며, 라디에이터 뒤쪽에 약간의 거리를 두고 설치되어 있다.

최근에는 냉각 팬의 회전을 냉각수의 온도에 따라 자동적으로 조절하여 냉각 팬 구동으로 소비되는 기관의 출력을 최대한 줄이고, 지속적인 작동으로 인한 기관의 과냉을 방지한다. 또한 냉각 팬의 소음을 감소시키기 위해 팬 클러치(Fan clutch)를 두고 있다. 팬 클러치에는 유체 커플링 팬, 전동 팬, 서머스태틱 팬 클러치 방식이 사용된다.

Fig. 8은 일반적인 냉각팬의 구조를 나타내고, Table 1은 일반적인 냉각팬의 제원이다.

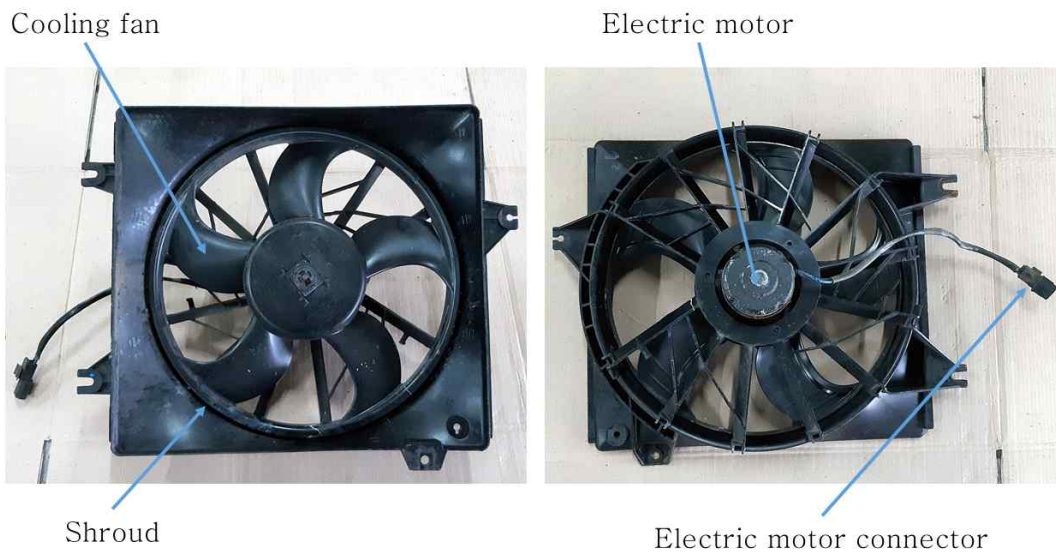


Fig. 8 Cooling fan structure

Table 1 Cooling fan basic information

Sortation	Content
Type	High/Low (two-stage control)
Fan speed control method	Register
Register resistance	$0.28 \pm 10\% \Omega$
Volume of air (m ³ /h)	1,950 ~ 8% min.
Number of rotations (rpm)	$1,650 \pm 8\%$
Consumption current (A)	$11.7 + 10\% \text{ max.}$

라디에이터는 실린더헤드 및 블록에서 고온이 된 냉각수가 라디에이터 위 탱크로 들어오면 수관을 통하여 아래탱크로 흐르는 동안 자동차의 주행에 의한 자연 냉각과 냉각 팬에 의하여 강제로 유입되는 대기와의 열교환이 냉각핀에서 이루어져 냉각되고 이에 냉각된 냉각수는 다시 기관으로 유입되어 기관을 냉각시키는 역할을 반복한다. 기관의 냉각 효과는 라디에이터와 함께 냉각 팬, 물 펌프의 성능에 따라 좌우된다.

라디에이터의 구비 조건은 단위 면적당 발열량이 커야하며, 작고 가벼워야 한다. 또한 강도가 커야하며, 라디에이터 내에 냉각수의 흐름저항과 대기와의 열교환에 따른 흐름저항이 적어야 한다. 일반적인 라디에이터의 구조는 Fig. 9와 같다.

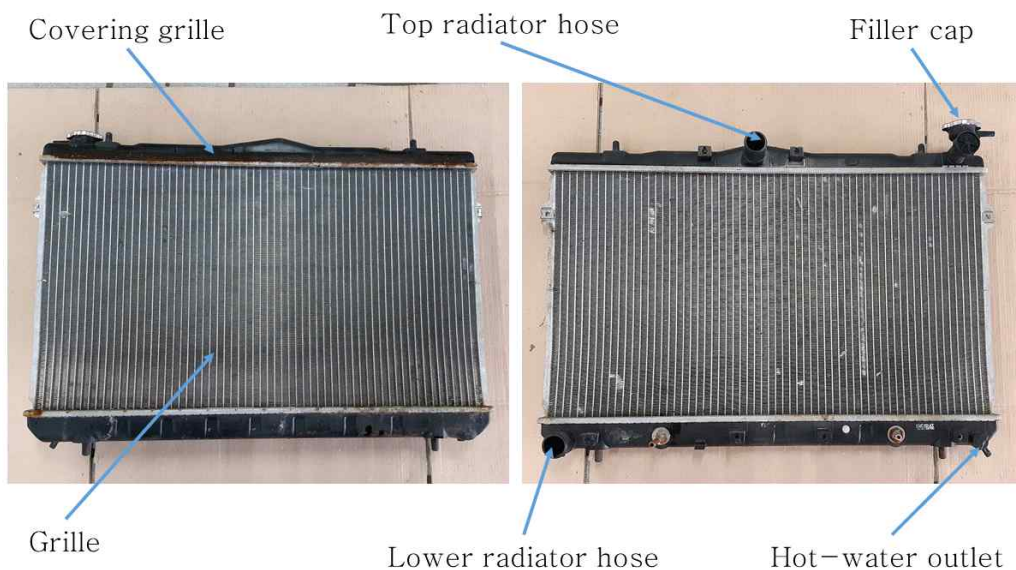


Fig. 9 Radiator structure

라디에이터에는 라디에이터 캡이라는 냉각수 주입구멍의 뚜껑이 있다. 라디에이터 캡은 냉각장치 내의 비등점(비점)을 높여 냉각 범위를 넓게 하기 위하여 압력식 캡을 사용한다. 압력식 캡의 압력은 게이지 압력으로 0.2~0.9kg/cm² 정도이며 이때 냉각수 비등점은 112℃ 정도이다.

라디에이터 캡은 냉각수의 압력이 낮을 때는 밸브스프링의 장력으로 냉각장치의 기밀을 유지하고, 압력이 규정값 이상으로 높을 때는 냉각수 압력이 스프링 장력을 이기고 통로를 연다. Fig. 11은 압력에 따른 라디에이터 캡의 작동을 보여주고, Table 2는 일반적인 라디에이터 캡의 허용 압력을 보여준다.

Table 2 Radiator cap permissible pressure

Sortation	Content
High pressure valve open pressure	0.95~1.25kg/cm ²
Vacuum valve open pressure	MAX 0.07kg/cm ²

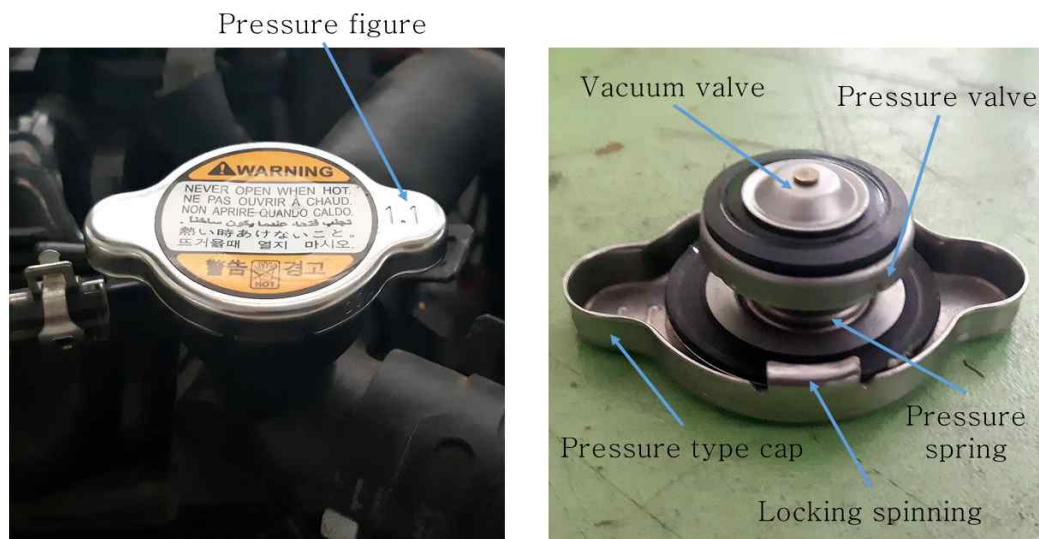


Fig. 10 Radiator cap structure

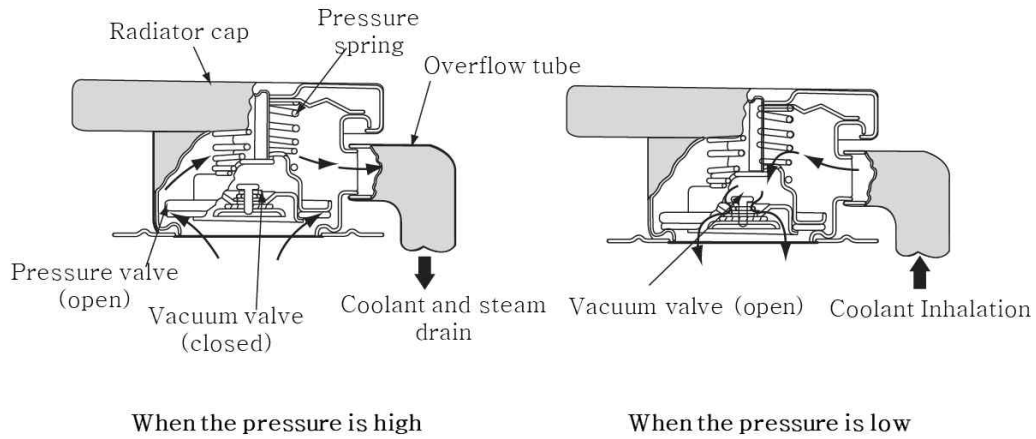


Fig. 11 Behavior of pressure type radiator caps

수온조절기는 실린더 헤드 워터재킷의 입구 또는 출구부분에 설치된다. 하지만 입구부분에 설치하는 것 보다 출구부분에 설치되는 것이 냉각효율 더 높일 수 있어서 최근에는 출구부분에 설치되어 냉각수 온도에 따라 냉각수 통로를 개폐하여 기관의 온도를 알맞게 유지하는 역할을 한다. 작동은 냉각수의 온도가 차가울 때는 수온조절기가 닫혀서 라디에이터 쪽으로 냉각수가 흐르지 못하게 하여 기관을 빨리 정상온도로 올리는 기능을 하고, 냉각수가 가열되면서 온도가 올라가면 점차 열리기 시작하여 정상 온도가 되면 완전히 열려서 냉각수가 라디에이터로 순환한다.

수온조절기의 종류에는 바이메탈형(Bimetal type), 벨로즈형(Bellows type), 펠릿형(Pellet type) 등이 있으며, 현재는 펠릿형 이외에는 사용하지 않는다. 하지만 최근에 고급차량에는 전자식 수온조절기를 사용하는 엔진이 있다. Fig. 12는 왁스 펠릿형의 구조를 나타내며, Table 3은 왁스 펠릿형 수온조절기의 일반적인 제원이다.

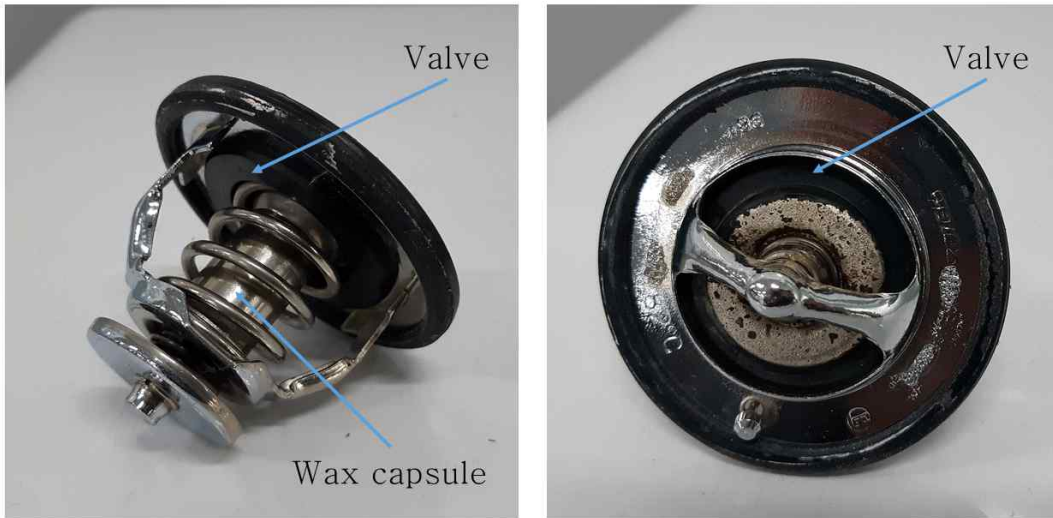


Fig. 12 Wax petit type water temperature regulator

Table 3 Wax petit type water thermostet basic information

Sortation	Content
Type	Wax pallet type
Opening temperature	82±1.5℃
Fully open temperature	95℃
Fully open length	Above 8mm (95℃)

냉각수온센서는 일반적으로 실린더헤드의 냉각수 토출부에 위치하며 내장된 써미스터소자를 통하여 냉각수 온도를 감지하여 전자제어유닛(ECU)로 그 정보를 전송한다. 자동차에 사용되는 써미스터는 부특성 써미스터(NTC : Negative Temperature Coefficient)를 사용하는데 온도가 올라가면 저항이 감소하는 특징이 있다.

Fig. 13은 냉각수온센서의 구조이고, 온도별 저항값은 Table 4와 같다.

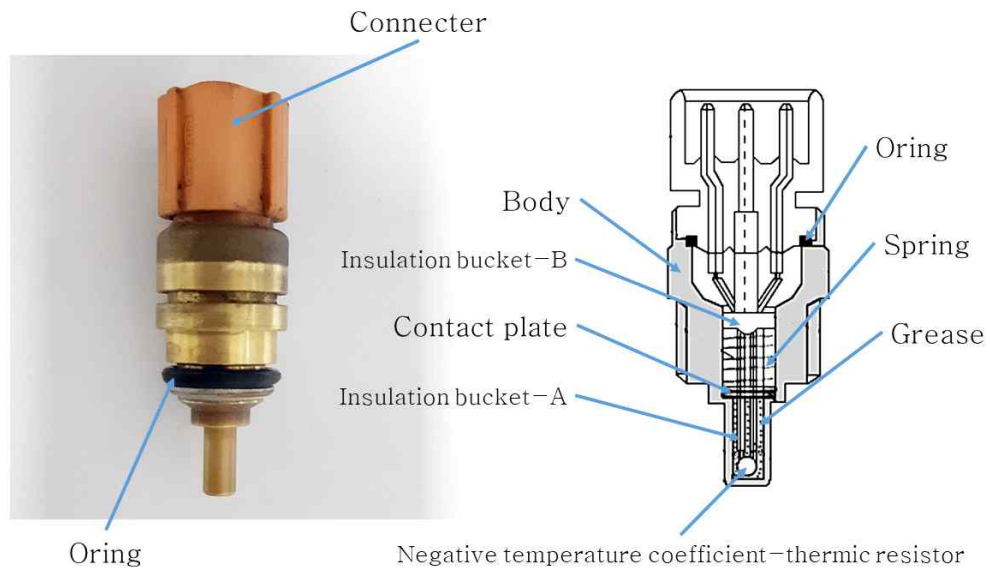


Fig. 13 Cooling water temperature sensor structure

Table 4 Sensor resistance by coolant temperature

Coolant temperature (°C)	Sensor resistance (kΩ)
-40	48.14
-20	14.13 ~ 16.83
0	5.79
20	2.31 ~ 2.59
40	1.15
60	0.59
80	0.32

2. 2. 3 냉각장치 고장시 현상

냉각장치 고장시 운전자에게 가장 먼저 알려주는 것은 계기판의 냉각수온도 게이지이다. 운전자는 이 게이지를 통해 실시간으로 냉각수의 온도를 확인할 수 있고, 냉각수의 온도가 정상범위 보다 높아지게 되면 냉각수 온도 경고등이 점등되어 다시한번 운전자에게 주의나 경고를 준다.

가솔린기관의 냉각시스템 고장은 크게 엔진이 과열되었을 때와 반대로 엔진이 과냉 되었을 때로 나눌 수 있다. 엔진 과냉시에는 기관 내의 연료가 응결되어 연소가 불량해지고, 실린더 내의 온도가 떨어져 연료가 쉽게 기화하지 못한다. 이로 인해 연료소비율 또한 증가하게 된다. 윤활부분에서도 점도가 높아져 엔진 구동 시 회전저항이 커지게 된다.

엔진이 과열되었을 경우에는 냉각수의 순환이 불량해 지고, 기관 전체적인 기계적 부분에 고착 및 변형이 발생한다. 또한 윤활유의 점도가 떨어져 각 부품이 손상되며, 실린더 내부의 온도가 상승하여 조기점화 또는 노크 현상이 발생한다. 자동차 엔진의 경우 과냉보다는 과열에 의한 고장이 치명적이다.

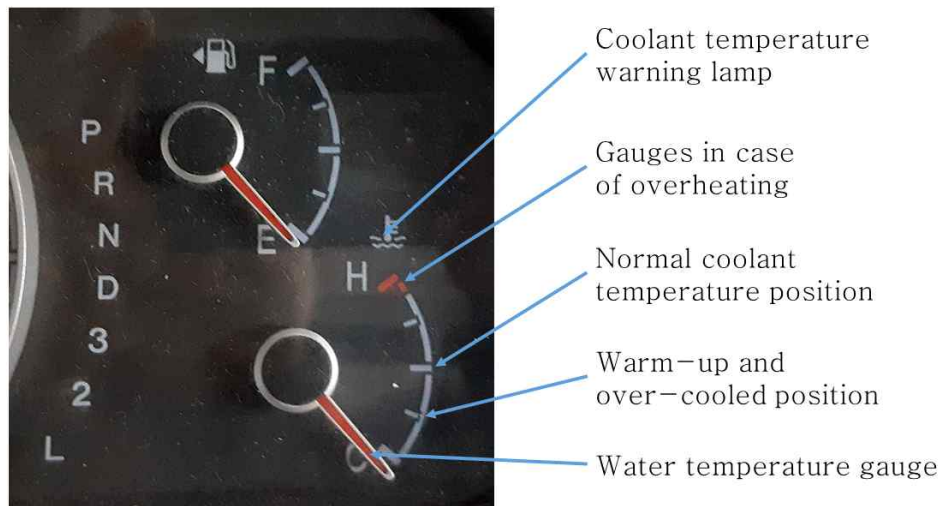


Fig. 14 Instrument panel coolant temperature gauge

2. 2. 4 냉각장치 진단방법

엔진이 과열되는 예상 주요 원인으로는 냉각수 부족, 라디에이터 불량, 라디에이터 캡 불량, 냉각팬 불량, 서모스텝 불량, 냉각수 호스 막힘, 워터펌프 불량, 펌프 구동벨트 불량, 냉각수온센서 불량, ECU불량 등이 있다. 냉각수 부족의 경우에는 누수여부를 확인하고, 구동 벨트의 경우에는 벨트의 끊어짐이나 장력 부족 등 유관으로 확인이 가능하다. 하지만 대부분의 경우는 유관으로 확인이 어려운 것이 사실이다.

냉각팬의 경우 작동유무를 전기적 신호로 확인하여야 하고, 라디에이터의 경우 코어의 20%이상 막힐 경우 또는 파손된 경우를 불량으로 판단하는데 유관상은 힘들고 단품을 분해하여 확인하여야 한다. 그 외 워터펌프와 수온조절기 고장, 그리고 워터재킷 막힘 등 또한 분해 후 확인하기 전까지는 고장 유무를 판단하기가 어렵다. 그래서 냉각수의 과열로 인한 고장진단은 지금도 냉각수온센서의 온도값과 정비사의 예상으로 판단하여 분해 후 확인하는 것이 일반적이다. Table 5는 냉각수 과열로 인한 예상주요원인 및 조치사항을 나타낸다.

Table 5 Diagnosis and action of cooling system failure

Breakdown situation	Expected major cause	Expected repair
Overhit	Insufficient coolant Coolant leakage Radiator pin blocked Header tank cap defective Cooling fan defect Thermostat defect Water pump poor Blocked coolant passage Poor drive belt Poor coolant temperature sensor	Coolant replenishment Exchange Cleaning

2.3 윤활장치 고장진단

2.3.1 윤활장치

윤활장치는 엔진 내부의 각 미끄럼 운동 부분에 오일을 공급하여 마찰열로 인한 베어링의 고착 등을 방지하기 위해 미끄럼 운동 면 사이에 오일 막을 형성하여 마찰이 큰 고체 마찰을 마찰이 작은 유체 마찰로 바꾸어 주는 작용을 말한다. 여기에서 사용되는 오일을 엔진오일(또는 윤활유)이라 부르며, 오일막을 유지하기 위해 지속적으로 오일을 공급해주는 장치를 윤활장치라 한다.

윤활유를 각 윤활부분에 공급하는 방법에는 비산방식, 압송방식, 비산 압송방식 등이 있다. 이중 비산 압송방식은 비산방식과 압송방식을 조합한 형식이며, 크랭크축과 캠축 베어링, 밸브 개폐 기구 등으로는 압송방식으로 공급하고, 실린더 벽, 피스톤 링과 핀 등에는 커넥팅로드 대단부에서 뿌려지는 윤활유로 윤활하는 방식이며, 현재 가장 많이 사용되고 있다.

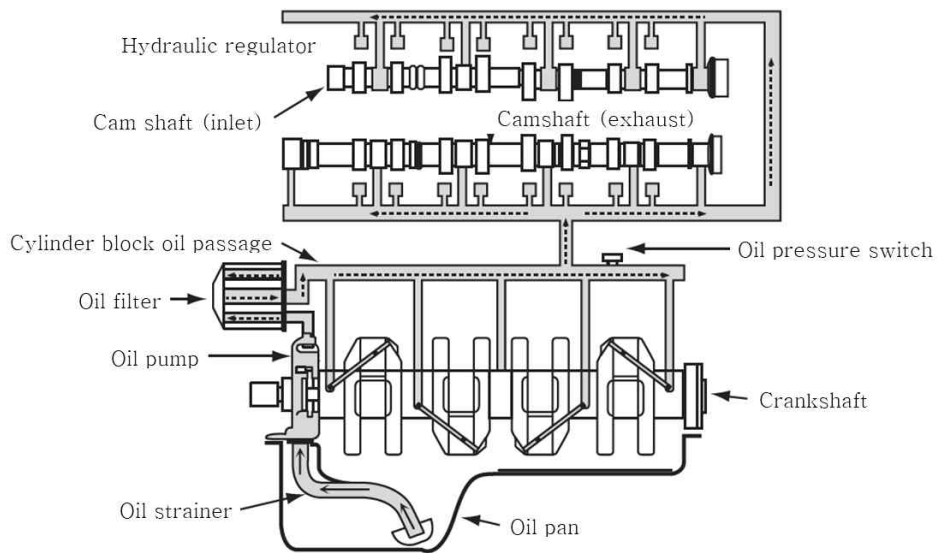


Fig. 15 Lubrication system structure

2. 3. 2 윤활장치 구성

윤활유 공급장치에는 윤활유를 저장하는 오일 팬, 윤활유 속에 포함된 굵은 불순물을 제거하고 윤활유를 오일펌프로 유도하는 오일 스트레이너, 오일 팬에 저장된 윤활유를 흡입 가압하여 각 윤활부분으로 공급하는 오일펌프, 윤활유 속에 포함된 미세한 불순물을 여과하는 오일여과기, 기관의 회전속도와 관계없이 항상 일정한 유압을 유지하도록 하는 유압 조절밸브, 오일 팬 내의 윤활유 양을 점검하기 위한 유면 표시기, 윤활부분에 이상이 있을 때 이를 운전자에게 알려주는 유압 경고등, 윤활유의 온도를 항상 일정하게 유지시키는 오일 냉각기 등으로 구성되어 있다.

오일 팬은 윤활유가 담겨지는 용기이며, 윤활유 냉각작용도 한다. 재질은 강철판이나 알루미늄 합금을 사용하며 실린더 아래쪽에 개스킷을 사이에 두고 볼트로 고정된다.

오일 팬에는 기관이 기울어졌을 때에도 윤활유가 충분히 고여 있도록 하는 섬프(Sump)를 두며, 앞 기관 뒷바퀴 구동 차량(FR : Front engine rear wheel drive car)에서는 급제동을 할 때 윤활유의 유동으로 인해 윤활유가 비는 것을 방지하는 칸막이(Baffle)를 설치하기도 한다. 또 아래쪽에는 윤활유를 교환할 때 배출시키기 위한 드레인 플러그(Drain plug)가 있다.

오일 스트레이너는 오일 팬 내의 윤활유를 오일펌프로 유도해주는 것이며, 윤활유 속에 포함된 비교적 큰 불순물을 1차로 여과하는 스크린이 있다. Fig. 16은 일반적인 오일 스트레이너의 구조이다.

오일펌프는 스트레이너를 거쳐 흡입한 후 압력을 가하여 각 윤활부분으로 압송하는 기구이며, 크랭크축이나 캠축으로 구동된다. 오일펌프의 능력은 송유량과 송유 압력으로 표시하며 그 종류에는 기어펌프(Gear pump), 로터리펌프(Rotary pump), 플런저펌프(Plunger pump), 베인펌프(Vane pump) 등이 있고 현재는 용량이 같은 다른 펌프에 비하여 얇게 제작을 할 수 있으며, 크랭크축으로 직접 구동할 수 있어 구동장치의 부품이 불필요한 장점이 있는 내접 기어펌프를 많이 사용하고 있다. 내접 기어펌프는 Fig. 17과 같이 내접으로 물린 방식이며, 그 작동원리는 외접 기어펌프와 같다.



Fig. 16 Oil strainer structure

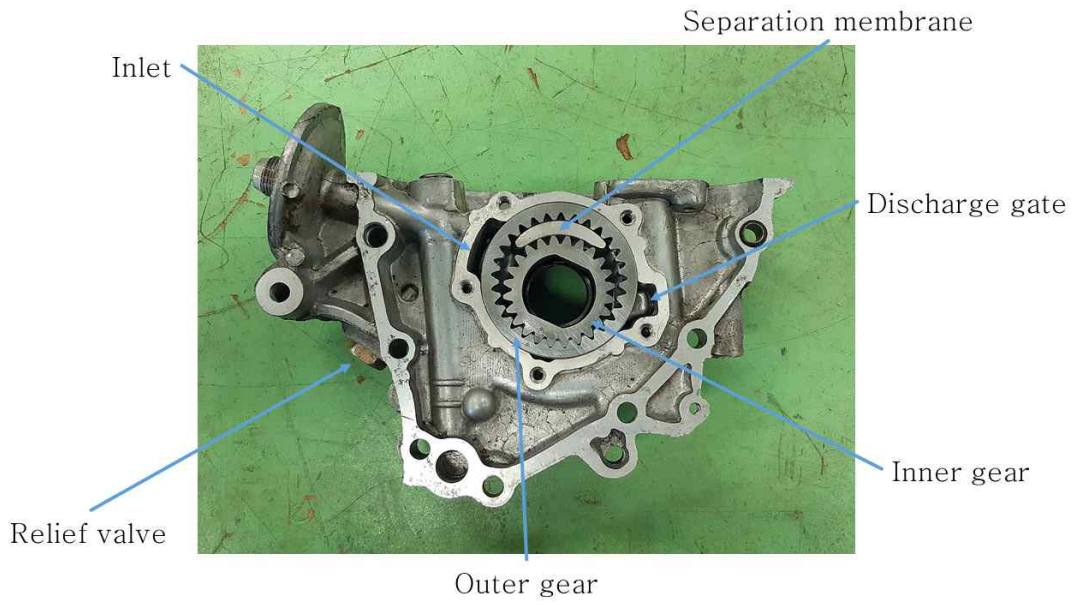


Fig. 17 Crescent pump structure

엔진의 윤활장치 내를 순환하는 윤활유는 사용 빈도와 시간이 흐름에 따라 수분, 열화에 의한 카본, 마모로 인한 금속분말, 오일 슬러지, 외부로부터 유입된 오염물질 등을 함유하여 그 기능이 현저히 떨어지므로 윤활유 통로에 여과기를 두어 이들 불순물을 제거하는 여과작용을 하는 오일필터가 필요하다. 여과작용은 오일필터로 들어온 윤활유가 엘리먼트(Mesh screen)를 거쳐 가운데로 들어간 후 출구로 나가게 되며 여과망을 거칠 때 윤활유에 함유된 불순물을 여과하게 된다. 제거된 불순물은 케이스 밑바닥에 침전되며, 엘리먼트는 여과지나, 면사 등을 사용하는 것이 일반적이다.

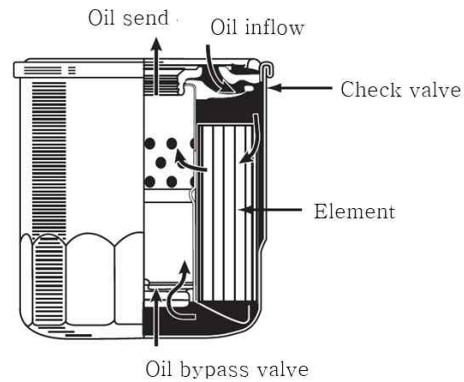


Fig. 18 Oil filter structure

엔진의 윤활유는 시동 후 온도가 상승하면 점도가 낮아지면서 윤활 성능이 떨어지고, 또한 낮은 온도에서는 반대로 점도가 높아져 윤활 부분에 충분한 양의 윤활유를 공급하지 못한다. 이런 현상을 방지하기 위하여 윤활유를 항상 알맞은 온도로 일정하게 유지시켜 주는 장치가 오일 냉각기(Oil cooler)이다. 오일 냉각기는 일반적으로 라디에이터 아래쪽이나 오일 여과기 앞에 설치되며 윤활유가 이 냉각기를 거쳐 흐를 때 기관 냉각수에 의해 냉각이 되거나 또는 가열되어 윤활 부분으로 공급된다.

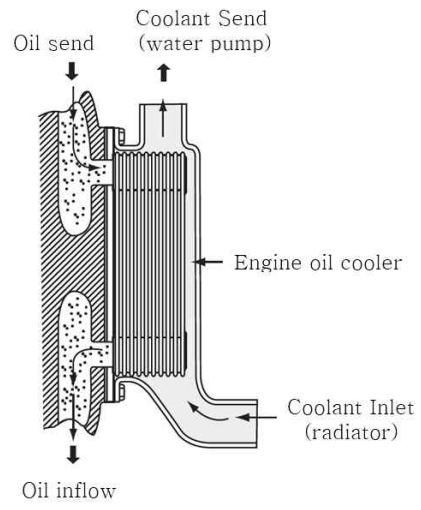


Fig. 19 Oil cooler structure

2. 3. 3 윤활장치 고장시 현상

윤활은 엔진각부의 마멸방지와 밀봉작용 그리고 냉각작용으로 이를 윤활의 3대 작용이라 부르며 추가로 세척작용, 응력분산 작용, 방청작용 등이 있다.

윤활장치에서 문제가 발생하면 엔진에 치명적인 영향을 미치게 된다. 그 대표적인 예를 들자면 오일의 양이 모자라는 경우, 오일 소모가 과도한 경우, 오일이 냉각수나 연료 등과 희석되어 오염되는 경우를 들 수 있다.

윤활유가 모자라는 경우 가장 먼저 운전자에게 알려주는 것은 오일압력 경고등이다. 이 경고등은 기관 내부에 순환하는 오일의 압력이 일정 압력 이하로 떨어지게 되면 운전자에게 알려주는 경고등이다.

윤활유의 압력이 떨어지게 되면 금속과 금속사이의 유막이 형성되지 않아 직접 마찰이 일어나므로 이상소음이 발생한다. 또한 금속 마찰로 인해 만들어진 슬러지(Sludge) 및 금속 분말 등으로 인해 오일 팬에 저장되어 있는 윤활유에 오염을 확인 할 수 있다. 유막 파괴에 의해 금속간의 마찰이 지속되면 베어링(Bearing)의 유격이 커지 고속 회전하는 엔진은 떨림이 심하게 나타나게 된다. 떨림이 장시간 지속적으로 나타난 후에 빠른 정비가 이루어지지 않는다면 유격이 점점 벌어져 치명적인 기계손상을 발생한다.

윤활유의 소모가 과대해지는 경우는 윤활 시스템에 누유가 생기는 경우가 있고 피스톤링(Piston ring) 또는 실린더의 마모로 인해 윤활유가 실린더 내부로 유입되어 엔진의 폭발 행정시 같이 연소되는 경우가 있다. 이런 경우 배기가스의 색이 백색으로 나오는 증상이 생긴다.

오일이 냉각수와 희석되는 현상은 냉각수 보조탱크를 통하여 확인 할 수 있다. 이런 경우 냉각수 보조탱크와 오일 팬에 저장되어있는 윤활유의 색이 초코우유색으로 변한다는 것을 확인 할 수 있다. 냉각수와 희석된 윤활유는 엔진 각부에 유막을 형성하기가 힘들고, 윤활 라인에 수분유입으로 인해 부식 및 이물질이 생겨 원활한 윤활이 불가능해진다. 또한 윤활유가 정량 이상이라 윤활압력이 높게 나타나는 현상이 발생한다.

2. 3. 4 윤활장치 진단방법

윤활장치 점검방법 중 가장 많이 사용하는 방법은 윤활회로의 압력을 점검하는 방법이다. 규정 속도에서 윤활 회로 압력과 오일 경고등의 전기 회로를 점검을 우선적으로 한다. 일반적으로 엔진 온도 80℃, 엔진 회전수 약 2,000rpm에서 최소한 2kg/cm² 이상의 압력이 유지되어야 한다. 또한 IG ON 상태에서는 오일 경고등이 점등 되어야 하고, 엔진 시동을 걸어 오일 압력이 0.3~1.6kg/cm² 정도를 형성하면 경고등이 자동으로 소등되는 것이다. 만약 공회전 상태에서 오일 압력이 0.3kg/cm² 이하가 되면 오일 경고등이 계속 점등되는데, 이런 경우에는 오일펌프 또는 베어링 각 부의 마멸이나, 오일 스트레이너의 막힘, 오일 필터의 막힘 등을 육안으로 직접 확인해야 한다.

정상적인 엔진이라 할지라도 윤활유는 연소실 내에서 혼합기와 함께 일정 부분 연소된다. 그 이유는 피스톤이 상하 운동을 할 때 실린더 벽에는 항상 유막이 형성되어야 하고, 유막을 형성한 오일의 일부는 연소실로 올라갈 수밖에 없다. 이렇게 연소실로 보내진 오일은 폭발 행정에서 연료와 함께 연소되는 것이므로 오일의 양이 조금씩 줄어들 수밖에 없는 것이다. 또한, 엔진오일은 흡기 밸브와 배기 밸브의 가이드와 스템을 윤활 시키기 위해 사용된다. 흡기 밸브의 가이드와 스템을 윤활 시키는 오일은 연소실로 빨려 들어가 공기와 연료의 혼합기와 함께 연소실에서 연소되거나 증발하고, 배기 밸브의 가이드와 스템실을 윤활 시키는 오일은 고온의 배기가스에 의해 연소되거나 증발하여 손실되는 것이다. 이렇게 정상적인 운전 조건에서 발생하는 오일의 소모는 정상적인 현상이나 문제는 필요 이상으로 과도한 오일 소모이다. 약 5,000km를 주행했는데 오일 게이지로 오일의 양을 점검했는데 게이지에 오일이 찍히지 않을 정도면 오일 소모가 과도하다고 볼 수 있다. 오일 게이지 상으로 1ℓ 라고 하면 일반적으로 'Full' 선에서 약 1cm 가량 내려오는 양이다. 만약, 이렇게 오일 소모량이 과도할 경우에는 피스톤 링의 고착, 밸브 가이드 실(Seal)의 파손, 실린더 벽의 마멸 등 엔진의 기계적인 부품이 손상되어서 나타날 수 있는데 직접 육안으로 확인해야 한다.

2.4 연료장치 고장진단

2.4.1 연료장치

가솔린(Gasoline)은 석유에서 정제한 탄화수소 계열의 유기화합물 혼합체이다. 이러한 가솔린은 체적과 무게가 적고 발열량이 커야하고, 연소 후 유해 화합물을 남기지 말아야 한다. 또한 옥탄가가 높고 온도에 관계없이 유동성이 좋아야 하며, 연소속도 또한 빨라야 한다. 이러한 특징을 가진 가솔린을 정확한 시간에 정량을 실린더로 보낼수 있는 장치가 바로 연료장치 이며, 최근에는 전자제어로 연료를 제어하고 있다. 전자제어 연료 분사장치는 일정한 압력으로 형성된 연료를 흡기다기관 내에 분사하는 방식이며, 연료 분사량의 조절은 인젝터(Injector)를 기관의 흡입 공기량에 맞추어 일정시간동안 열어주는 방법을 사용한다. 즉, 연료의 분사량은 인젝터의 니들밸브(Needle valve)가 열려 있는 시간으로 결정되므로 정밀하게 조절할 수 있는 것이다. 기관의 운전조건은 각종 센서에서 보내온 신호를 받은 후 엔진의 상태에 따라 분사량과 기관 회전속도를 컴퓨터로 조절한다.

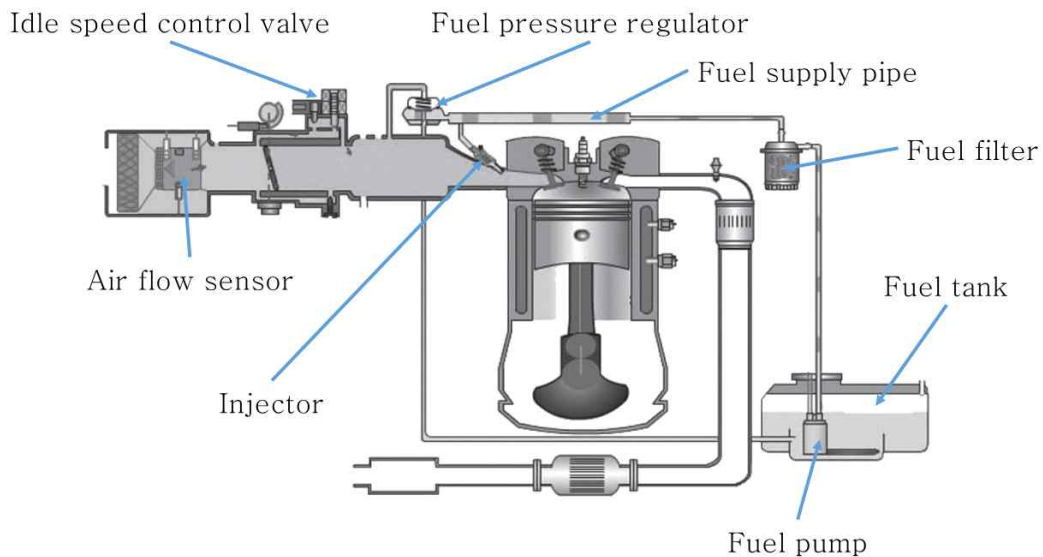


Fig. 20 Fuel device basic structure

2. 4. 2 연료장치 구성

연료탱크 내의 연료는 전동 연료펌프에 의해 2~3kgf/cm²의 압력으로 연료필터를 거쳐 분배 파이프(Delivery pipe)로 들어간다. 분배 파이프에 저장된 연료는 인젝터에 의해 실린더 내부(GDI : Gasoline Direct Injection) 또는 흡기다기관으로(MPI : Multi-Point Injection) 분사되고 분사 후 잔류연료는 연료압력 조절기로 이동된다. 연료압력 조절기는 흡기다기관에 형성된 부압에 따라 공급압력을 규정값 내로 조절하고, 인젝터로 공급하고 분사 후 남은 과잉의 연료를 연료탱크로 다시 되돌아가게 하는 기능을 한다. 인젝터에서는 컴퓨터의 작동신호에 따라 솔레노이드 코일(Solenoid coil)이 여자 되면 인젝터 내부에 있는 니들 밸브가 완전히 열려 ECU 로직에 의해 각 실린더의 점화순서 순으로 흡기다기관 내에 또는 실린더 내부에 직접 연료를 분사한다. 가솔린 전자제어 연료 장치에는 연료 탱크, 연료 펌프, 연료필터, 연료 압력 조절기, 인젝터로 구성되어 있으며 구성 부품과 연료의 흐름은 Fig. 21과 같다.

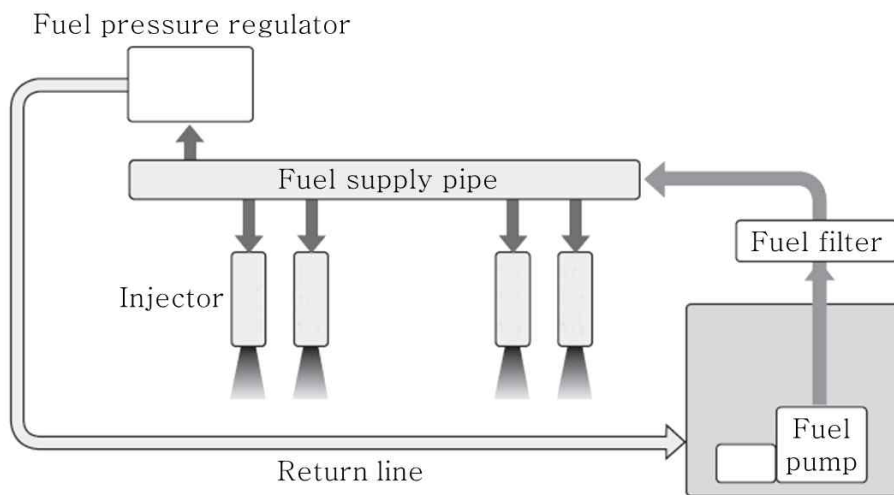


Fig. 21 Composition of petrol fuel system

연료펌프는 엔진에 설치된 캠축에 의해 작동하는 기계식 연료펌프와 전자력으로 구동되는 전기식 연료펌프, 그리고 연료펌프와 진공펌프가 하나의 로커암에 의해 작동되는 연료 진공 조합식 펌프가 있다. 현재는 설치위치가 자유롭고 기관이 작동되지 않아도 연료공급이 가능한 전기식 연료펌프가 사용되고 있다.

전기식 연료펌프는 펌프 작동 시 올라가는 온도를 연료로 냉각시키기 위해 연료탱크 내에 장치되어 있다. 연료의 공급은 기관이 최대로 요구하는 양보다 더 많은 양의 연료를 지속적으로 공급해 주어 연료계통 내의 압력을 떨어뜨리지 않고 일정한 수준으로 유지시켜 주며 어떠한 운전 조건하에서도 연료의 공급부족 현상이 일어나지 않도록 한다. 또한 연료펌프 내에는 펌프 내의 압력이 필요 이상으로 높을 때 작동하여 압력상승에 따른 연료의 누출 및 기계적 파손을 방지해주는 릴리프 밸브(Relief valve)와 기관이 정지되어 연료펌프에서 연료의 압송이 정지되었을 때 즉시 단혀 연료의 역류를 방지하여 연료계통 내의 잔압을 유지시켜 높은 온도에서 발생하는 베이퍼로크(Vapor lock)를 방지하고, 재 시동성을 높이기 위해 체크밸브(Check valve)를 두고 있다. 연료펌프의 구조는 Fig. 22와 같다.

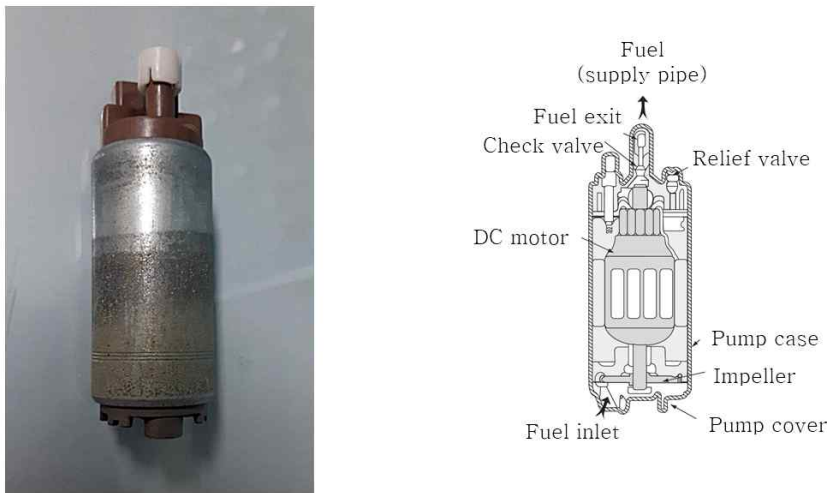


Fig. 22 Fuel pump structure

분배 파이프(Delivery pipe)는 각 인젝터에 동일한 분사압력이 유지 되도록 하며, 연료의 일시적인 저장기능을 하고있다. 분배 파이프의 체적은 인젝터에서 분사되는 연료량에 비례하므로 분사에 따른 파이프 내부의 압력 변동이 없도록 설계되어있다. 그리고 이 파이프에 각 인젝터들이 연결되어 있어 각각의 인젝터에 동일한 분사 압력이 되게 할 수 있으며 인젝터 설치도 용이하게 해 준다.

연료압력 조절기는 흡기다기관 부압을 이용하여 분배 파이프 내의 압력을 조절해주는 장치이며, 분배 파이프 끝에 설치된다. 연료계통 내의 압력을 2~3kg/cm²로 유지시켜 주는 다이어프램 조절의 오버플로(Over flow)형식이다. 연료압력 조절기의 내부는 두 개의 부분으로 구분되며, 한쪽은 스프링이 들어 있으며 흡기다기관 부압으로 작동되고, 다른 한쪽은 연료로 채워져 있다. 연료계통 내의 압력이 규정 값 이상 되면 다이어프램에 의해 조절되는 밸브가 열려 연료출구가 열리도록 되어있다. 이런 작동으로 규정압력 이상의 연료는 밸브를 통하여 연료탱크로 되돌아간다. 다이어프램은 흡기다기관의 진공이 작용하므로 흡기다기관의 부압이 높으면 다이어프램을 당기는 힘이 강해져 연료탱크로 되돌아가는 연료량이 많아지고 공급압력은 낮아진다. 이작용으로 연료계통 내의 연료압력은 조절되고 인젝터에서 분사되는 압력을 일정하게 해 준다.

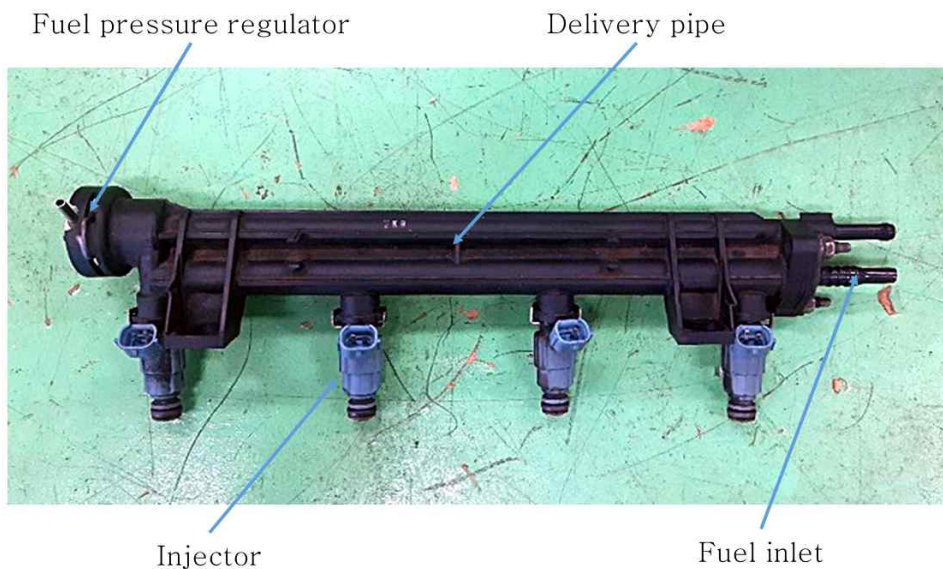


Fig. 23 Delivery pipe

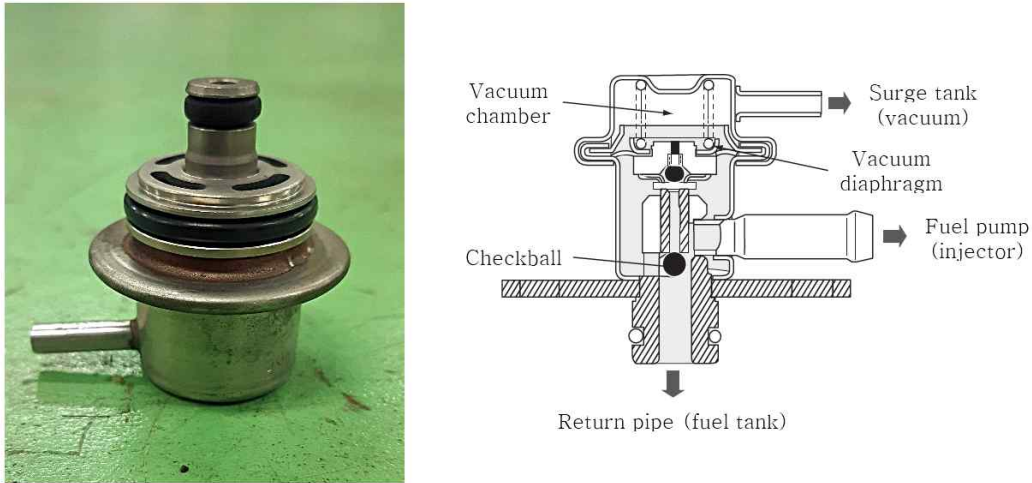


Fig. 24 Fuel pressure regulator

인젝터는 MPI엔진의 경우 각 실린더의 흡입밸브 앞쪽(흡기다기관 내)에 1개씩 설치되어 있고, GDI엔진인 경우에는 실린더에 직접 설치되어 각 실린더에 연료를 분사시켜 주는 솔레노이드밸브 장치이다. 인젝터는 ECU로부터의 전기적인 신호에 의해 작동하며 그 구조는 밸브 보디와 플런저(Plunger)가 설치된 니들밸브로 등으로 이루어져 있다. 솔레노이드 코일에 전류가 흐르지 않을 경우에는 니들밸브가 스프링의 장력에 의해 밸브시트에 밀착되어 연료가 분사되는 것을 차단하고, 솔레노이드 코일에 전류가 흐르면 솔레노이드 코일에 자력이 생겨 니들밸브를 들어올리고, 그로인해 연료가 원통형의 분사구멍에서 분사된다.

기관에 따라 다르지만 일반적인 MPI엔진에서 인젝터의 분사각도는 10~40° 정도이며, 분사시간은 1~1.5ms(ms=1/1,000sec), 분사압력은 2~3kgf/cm²이다. 전자 제어 기관 초기의 L-제트로닉에서는 저항 값이 0.6~3Ω/20℃ 정도의 낮은 저항에서 작동되는 전압제어방식의 인젝터를 주로 사용하였으며, 일반적으로 전압구동회로 또는 전류구동회로와 연결되어 사용된다. 하지만 최근에는 저항 값이 비교적 높은 12~17Ω/20℃ 정도인 저항의 전류제어 방식 인젝터를 많이 사용한다. 인젝터의 기본구조는 Fig. 25와 같다.

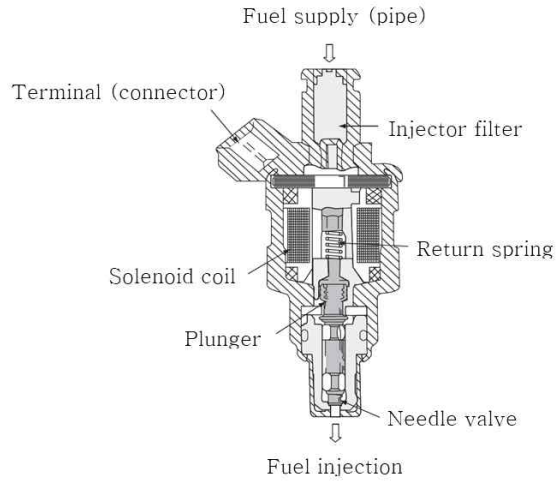


Fig. 25 Injector structure

연료필터는 연료안에 희석되어있는 불순물을 제거하며, 그 종류로는 케이스와 엘리먼트의 분리가 가능한 분해형과 분리가 되지 않는 카트리지식이 있다. 일반 승용차에는 주로 카트리지식이 사용된다. 초기 연료필터는 연료펌프 어셈블리와 별도로 엔진룸에 따로 설치되었으나 최근에는 연료펌프 어셈블리에 함께 포함되어 제작된다. 연료필터는 장시간 사용하면 여과망의 오손으로 인하여 여과 성능이 떨어지고, 심한 경우 필터가 막혀 기관으로 연료공급이 이루어지지 않으므로 일정 거리를 주행한 후에는 신제품으로 교환해야한다.

연료탱크는 주행에 필요한 연료를 저장하는 용기로 차량의 프레임이나 차체 일부에 설치되나 차량 하부에 설치되는 것이 일반적이다. 과거 연료탱크의 재질은 내부 부식을 방지하기 위해 아연 도금을 하고 방청 처리 된 강판이 사용되었으나 최근에는 가벼운 합성수지를 사용하여 차량중량을 줄인다.

연료 파이프는 주행에 필요한 연료를 장치의 각 부분을 연결하여 연료를 운반하는 관으로 내유성을 가진 고무호스 또는 구리나 강관으로 만들어진다. 직경은 보통 5~8mm 정도이고, 파이프 이음은 연료가 누출되지 않게 원뿔 모양이나 둥근 플레어(Flare)로 하고, 파이프가 끼워져 있는 피팅으로 조이도록 설계되어 있다. 피팅은 반드시 오픈 엔드 렌치로 풀거나 조여야 한다.

2. 4. 3 연료장치 고장시 현상

연료장치 고장시 일반 운전자가 느낄수 있는 현상은 운행 중 예전 같지 않게 가속력이 떨어진다면, 엔진회전수(RPM)는 올라가는데 그에 비해 출력이 충분하게 나오지 않는 경우가 있다. 그리고 연비가 나빠진 경우도 연료장치 고장을 의심해 볼 수 있으며, 심한 경우 기관이 정지되는 현상도 생긴다. 이러한 증상들을 나타날 경우 연료장치 외에 다른 원인도 있을 수 있지만, 우선 연료계통의 점검을 해 보는 것이 일반적이다. 특히 연료필터에 문제가 발생하면 연료와 공기의 혼합체가 정상적인 공급이 이루어지지 않아 문제를 일으킬 수 있다.

2. 4. 4 연료장치 진단방법

연료장치의 고장은 연료압력 낮음, 연료압력 조절기 고착, 펌프 성능저하, 연료라인 누설, 인젝터 리턴량 과다 등으로 나눌수 있다. 이중 연료압력 낮음과 펌프 성능저하, 연료라인 누설 고장은 연료압력이 규정보다 낮아지고, 연료압력 조절기 고착, 인젝터 리턴량 과다는 연료압력이 규정보다 높아진다. 즉 연료장치 고장은 연료압력 측정에서 시작한다.

연료압력의 측정은 연료압력게이지를 연료펌프에서 분배파이프 사이에 설치하고 누설이 없는 지 확인하고 측정한다. 이때 연료압력조절밸브 진공호스를 분리하고 그 부분은 손으로 막고 기관은 공회전 상태에서 압력을 측정한다. 이때 압력을 확인하고 측정된 결과가 규정값 범위에서 벗어나 있으면 아래 Table 6과 같이 결정하여 필요한 조치를 수행한다. 연료압력 측정시 호스를 분리하는 과정에서 연료가 누설될 가능성이 매우 크다. 연료가 누설되어 기관 본체에 흐르면 기관이 작동하고 온도가 오르면 화재의 위험성이 있다. 연료 누설이 확인되면 반드시 세척 후 건조시키고 진단에 임해야 한다. 또한 전기적 불꽃으로 인한 화재 예방을 위해 배터리의 (-)단자를 분리해서 분해 작업을 해야한다.

Table 6 Check fuel pressure

Condition	Probable cause of failure	Method of maintenance
Low fuel pressure	Blocked fuel filter	Fuel filter exchange
	Fuel pressure regulator open failure	Fuel pressure regulator change
High fuel pressure	Poor operation of the fuel pump	Fuel pump failure
	Fuel pressure regulator closed failure	Fuel pressure regulator change
Gradual drop in pressure	Fuel line hose blocked	Repair or replace fuel hoses
	Fuel line leakage	Leakage part exchange

2.5 배출가스 저감장치 고장진단

2.5.1 배출가스 저감장치

전자제어 가솔린 기관은 기관 체적에 맞는 혼합비, 최적의 점화시기, 최고의 압축압력이 충족될 때 최상의 연소조건이 되어 최대의 동력이 생성한다. 폭발행정에서 발생된 열에너지는 피스톤을 밀어내어 크랭크 축으로 전달되어 직선운동을 회전운동을 변환하여 기계적인 에너지로 바뀌고 변속기를 거쳐 최종적으로 구동 바퀴로 동력이 전달되어 자동차가 움직인다. 하지만, 폭발행정에서 생긴 힘은 모두 바퀴로 전달되는 것은 아니다. 실제 동력원으로 사용되는 양은 최대 40%정도밖에 전달되지 못한다. 그 이유로는 배기손실과 냉각손실, 그리고 기계적 손실 등이 있기 때문이다.

가솔린 기관이 실린더 내에서 이론적인 연소가 이루어지면 열에너지와 H_2O , CO_2 만 발생되어야 하지만 엔진의 구조적 문제와 연료의 성분의 문제 등으로 인하여 유해가스도 일부 배출한다. 차량 운전자들의 다양한 운전습관(급출발, 급정지, 급가속, 급감속 등), 그리고 정체가 심한 도로 및 공회전시 필요치 않은 동력 생성에 따른 유해가스 또한 발생하게 된다.

특히 엔진 냉간시 운전하는 조건에서 시동 시 연료의 기화성이 현저히 떨어지므로 연료의 분사량을 늘려 혼합기를 농후하게 조성하고, 차량이 가속 시에는 출력을 증가하기 위하여 혼합비를 농후하게 조성함으로써 CO , HC 가 과다하게 배출되며, 차량의 각종 전기장치나 에어컨 등 부하장치 사용에 따른 엔진회전수 증가 또는 감속 시에도 유해가스가 배출된다. 중속으로 운행중일 때 가솔린 엔진의 배출가스 대부분은 질소(71%), 탄산가스(18%), 수증기(9.2%)이고 유해물질은 총 배기가스의 1% 정도 배출된다. 자동차 운행중 일반적인 배출가스와 유해가스의 양은 Table 7과 같다.

유해가스 배출을 줄이기 위해 세계각국과 우리나라는 배출가스 저감에 대한 법적 근거를 마련하고 점점 그 기준은 강화되고 있다.

Table 7 Petrol-engine emission generation

Emissions during normal driving	Hazardous material details
<p style="text-align: center;"> N_2 70.3% CO_2 18.1% H_2O 8.2% Ar 1.2% O_2 1.1% Hazardous substance 1.12% </p>	<p style="text-align: center;"> CO 0.9% NO_x 0.13% HC 0.09% </p>

2. 5. 2 배출가스 저감장치 구성

현재 우리나라는 배출가스 저감장치의 하나인 삼원촉매(TWC : Three Way Catalyst)의 장착이 의무화 되었으며 연료 또한 무연 휘발유만 사용되고있다. 이러한 노력에도 불구하고 자동차의 사용환경 과 관리상태에 등에 따라 내연기관은 정상적인 연소 과정 중에서도 유해 가스는 지속적으로 배출되고 있다. 자동차에서 배출되는 가스에는 배기가스, 연료증발 가스, 블로바이 가스가 있으며, 일반적으로 이것 3가지를 배출가스로 부르고 있으며, 이를 제어하기 위한 장치들이 기관에 장착되어있다.

배출가스 저감장치로는 블로바이 가스(Blow-by gas) 제어장치로 PCV(Positive Crankcase Ventilation) 밸브, 블리드(Bleed) 호스가 있으며, 연료 증발가스 제어장치로 캐니스터(Canister), PCSV(Purge Control Solenoid Valve)가 있다. 마지막으로 배출가스 제어장치로는 산소센서, 배기가스 재 순환장치(EGR : Exhaust Gas Recirculation), 촉매 컨버터가있다. 배출가스 저감장치의 세부적인 부품은 Table 8과 같다.

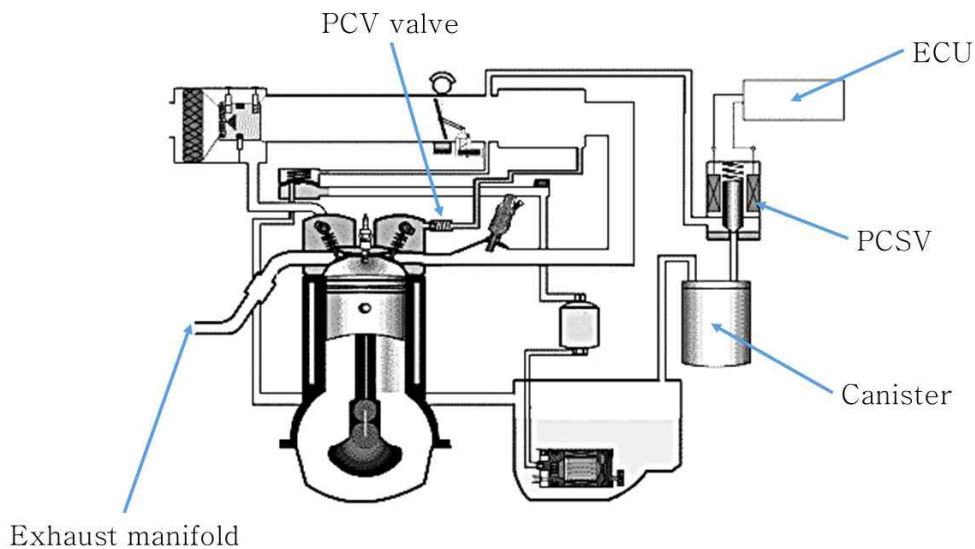


Fig. 26 Exhaust gas-reducing device

Table 8 Motor vehicle exhaust gas reduction device

Motor vehicle exhaust gas reduction device	
Blow-by gas Control device	PCV(Positive Crankcase Ventilation) valve
	Bleed hose
Fuel Evaporative Emission Control System	Canister
	PCSV(Purge Control Solenoid Valve)
	Fuel tank cap
	FTPS(fuel tank pressure sensor)
	Roll over valve
	Filler neck hose
	Canistor
	CCV(canistor closed valve)
Exhaust gas reduction device	TWC(three way catalysist)
	Oxygen sensor
	EGR(exhaust gas recirculation)

자동차 정비시 흡기다기관(Intake manifold)이나 스로틀밸브(Throttle valve)를 확인해보면 검정색 오일성분이 묻어나오는데 출고하고 주행정도가 오래된 차 뿐만 아니라 신차라 하여도 같은 이와 같은 현상이 발생할 수 있다. 이것은 블로바이 가스(Blow-by gas)속에 혼합되어 나온 소량의 엔진오일성분이 함께 묻어있는 현상이며, 가솔린을 사용하는 내연기관 엔진은 압축행정 시 실린더 벽과 피스톤사이의 틈새로 초소량의 혼합기가 새어 나오는데 이러한 현상을 블로바이 현상이라고 하며, 그 혼합기를 블로바이 가스라 한다.

블로바이가스는 PCV밸브의 열림 정도에 따라서 그 양이 조절되어 흡기압의 부압에 의해서 서지탱크(Surge tank)로 들어간다. 그리고 급가속 및 높은 부하영역에서는 흡기 부압이 감소하여 PCV밸브의 열림 정도가 작아지므로 블로바이 가스는 흡기 부압을 이용하여 블리더 호스(Bleed hose)를 통하여 서지탱크로 들어간다. 이렇게 서지탱크로 들어간 블로바이 가스는 흡기다기관을 통하여 실린더로 유입되며, 엔진의 폭발 행정시 연료와 공기의 혼합기와 같이 연소된다. 이 과정으로 유해가스를 저감하는 기능을 수행한다.

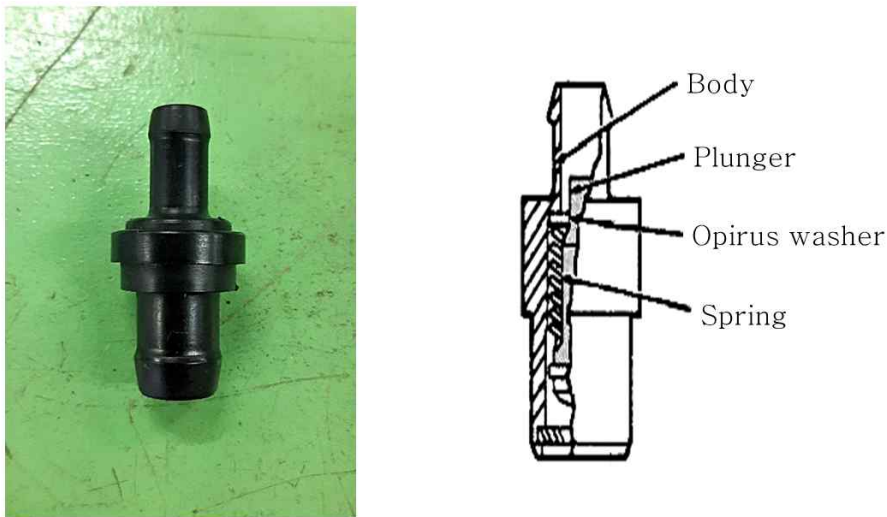


Fig. 27 PCV valve structure

연료 증발 가스는 가솔린의 휘발성으로 인해 증발되는 가스로 성분은 탄화수소(HC)이다. 연료 증발 가스 제어장치는 가솔린을 연료로 사용하는 경우에만 필요하며 디젤기관에서는 사용하지 않는다. 과거에 OBD I (On Board Diagnostics-I) 시스템에서는 증발 가스 모니터링 기능이 필요 없었지만, 연료 증발가스의 유해성으로 인해 OBD II로 넘어오면서는 증발 가스모니터링 기능이 추가됨으로써 연료탱크 압력 센서(FTPS : fuel tank pressure sensor)와 캐니스터 닫힘 밸브(CCV : Canistor Closed Valve) 또한 추가되었다.

연료계통에서 발생한 증발가스는 기관이 작동하지 않을 때 캐니스터에 포집된 후 ECU에 의해 제어받는 PCSV에 의하여 서지탱크 통해 연소실로 보내지고 연료와 공기의 혼합기와 함께 연소된다.

PCSV는 캐니스터에 포집된 연료 증발가스를 ECU의 신호에 의해 조절하는 장치이다. 시동 초기 기관의 온도가 낮거나 공회전할 때에는 PCSV가 닫혀 연료 증발가스가 서지 탱크로 유입되지 않고, 기관 워업 후 정상온도에 도달하면 PCSV가 열려 캐니스터에 저장되었던 연료 증발가스를 흡기 대기관의 서지탱크로 보내진 후 연소실에서 연료와 공기의 혼합기와 함께 연소된다.

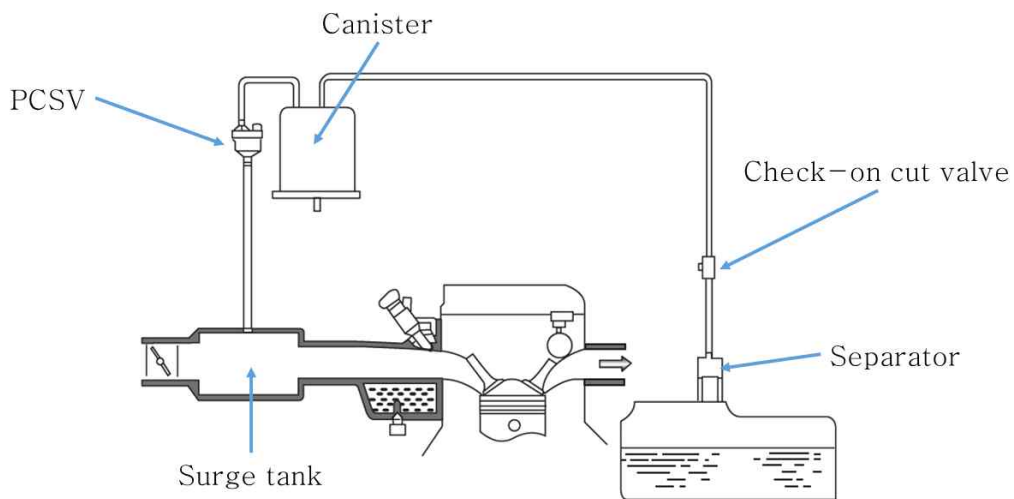


Fig. 28 Fuel evaporative emission control system

연료 탱크는 탱크 내 연료가 소모되거나 기온 강하 시 탱크 내에 압력이 현저히 떨어져서 탱크가 찌그러지거나 심한 경우 탱크가 깨질 수 있다. 그렇기 때문에 탱크 내 압력이 낮아지는 것을 대비하여 연료 탱크 캡을 압력에 따라 외부공기를 유입 및 차단시킨다. 평소에는 연료 탱크 캡의 진공 밸브가 열려 외부의 공기를 탱크 안으로 유입시키고 탱크 내의 증기 압력이 높아지면 압력 밸브가 닫혀 증발 가스가 외부로 유출되는 것을 방지하는 역할을 한다. 연료 탱크 내에 진공이 발생할 때와 연료 탱크내에 압력이 발생했을 때의 공기의 흐름은 Fig. 29와 같다.

최근에는 탱크 내의 연료 증기 압력을 감지하여 ECU에 신호를 보내 퍼지 제어의 기준이 되며, 누설 판정 시 출력 전압의 변화량으로 연료 증발 가스의 누설을 감지하는 연료 탱크 압력 감지센서가 있다. 이 감지센서는 연료 탱크 상부 혹은 캐니스터 어셈블리에 장착되어 있으며, 대기 압력 수준에서 약 4.2V 출력되는 경우와 약 2.5V 정도가 출력되는 형식이 있다. 압력에 비례하여 출력 전압도 높아진다. 최근에는 연료펌프 어셈블리에 센서를 같이 설치하는 것이 보편적이며, 설치 위치 및 센서는 Fig. 30과 같다.

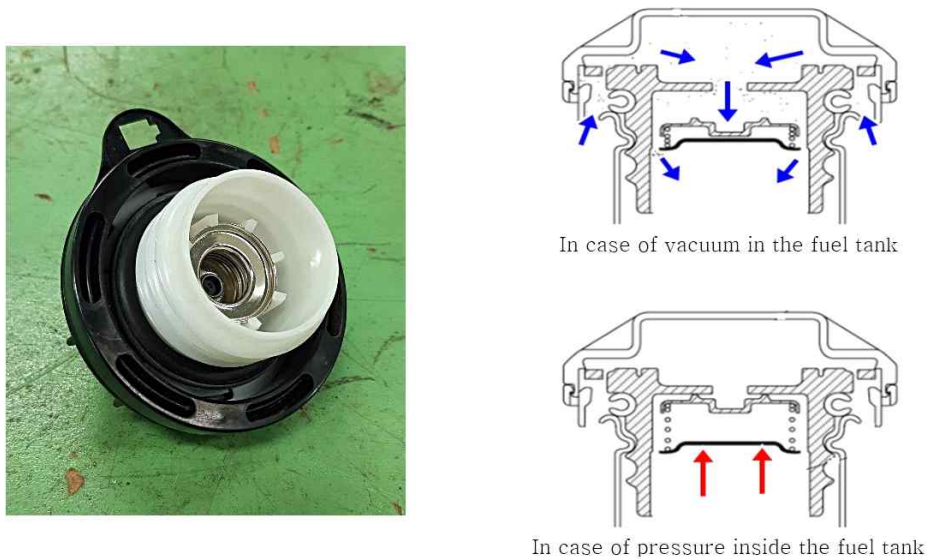


Fig. 29 Fuel tank cap valve operation dependent on pressure

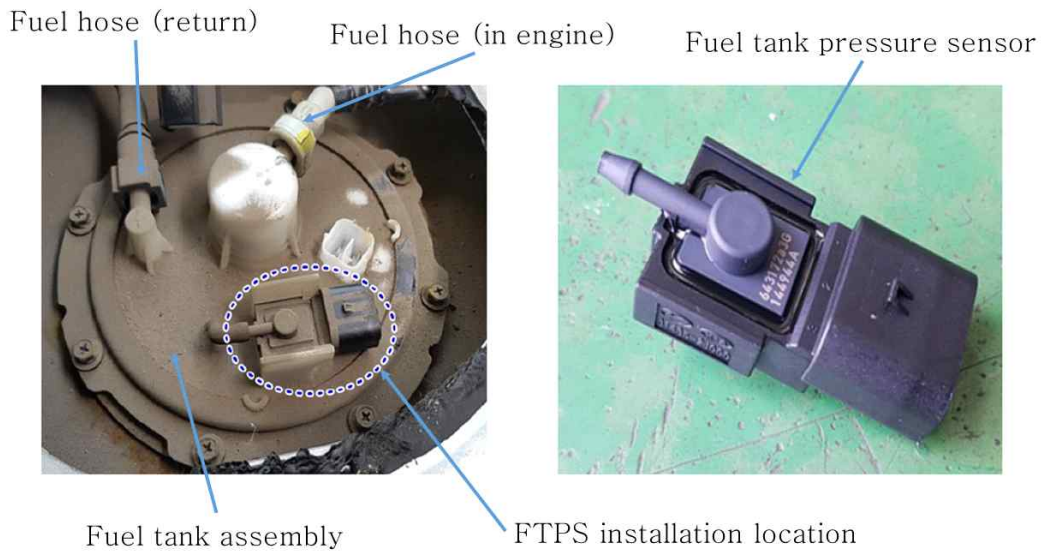


Fig. 30 Fuel tank pressure sensor

배출가스 제어장치는 크게 산소센서, 배기가스 재순환 장치(EGR), 촉매 컨버터로 나눌 수 있다. 그 중 산소센서는 기관의 폭발행정에서 발생하는 배기가스 중의 산소농도와 대기 중의 산소농도 차이에 따라 출력전압이 급격히 달라지는 성질을 이용하여 발생하는 피드백 신호를 ECU로 전달한다. 이때 산소센서의 출력전압은 혼합비가 희박할 때는 약 0.1V, 혼합비가 농후하면 약 0.9V의 전압을 발생시킨다.

산소센서의 바깥부분은 배기가스와 접촉하고, 안쪽은 대기 중의 산소와 접촉하는 구조로 되어 있어 기관의 이론 혼합비를 중심으로 혼합비가 농후해지거나 또는 희박해짐에 따라 출력전압이 즉각 변화하는 반응을 이용하여 인젝터 분사시간을 ECU가 조절할 수 있도록 한다.

산소센서가 정상적으로 작동할 때 센서부분의 온도는 400~800℃ 정도가 되며, 시동 초기 기관이 냉각되었을 때와 공회전 시에는 ECU 자체의 보상 로직에 의해 개회로(Open loop)가 되어 임의 보정을 실행한다

현재 가장 많이 사용되고 있는 산소센서는 지르코니아(Zirconia) 소자 형식과 티타니아(Titania) 형식 소자를 사용하고 있다.

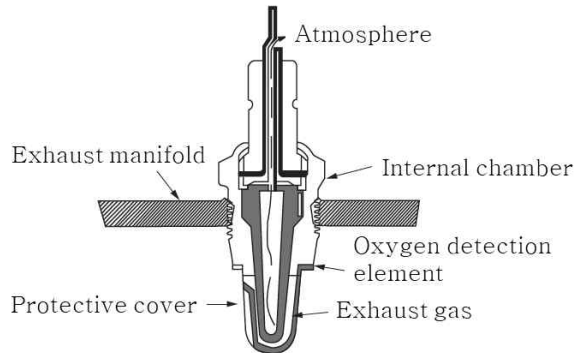


Fig. 31 Oxygen sensor structure

배기가스 재 순환장치(EGR)는 질소산화물(NO_x)의 배출을 감소시키기 위하여 흡기 부압 또는 ECU의 신호에 의하여 열려 배기가스 중의 일부(배기가스의 약 15%)를 배기다기관에서 연소실로 다시 유입시키는 장치이다. 배기가스를 재순환시키면 새로운 혼합가스의 충전효율은 낮아지게 된다. 그리고 다시 공급된 배기가스에는 질소에 비해 열용량이 비교적 큰 이산화탄소가 많이 함유되어있다. 즉, 다시 공급된 배기가스는 더 이상 연소작용을 할 수 없기 때문에 폭발행정시 연소온도가 낮아져 온도의 함수인 질소산화물의 발생량이 약 60% 정도 감소하게 된다.

기관에서 배기가스 재 순환장치를 적용하면 질소산화물 발생률은 감소 할 수 있으나 착화성능 및 기관의 출력이 떨어지며 일산화탄소 및 탄화수소 양은 증가하는 현상이 생긴다. 이에 따라 배기가스 재순환장치가 작동되는 것을 기관의 특정 운전영역(냉각수 온도가 65℃ 이상, 중속 이상)인 질소산화물이 다량 배출되는 영역에서만 작동하도록 설계되어 있다. 또 공전 할 때나 난기운전을 할 때, 엔진의 출력을 많이 요구하는 전부하 운전을 할 때, 농후한 혼합가스로 운전되어 출력을 증대시킬 경우에는 작용하지 않도록 되어있다.

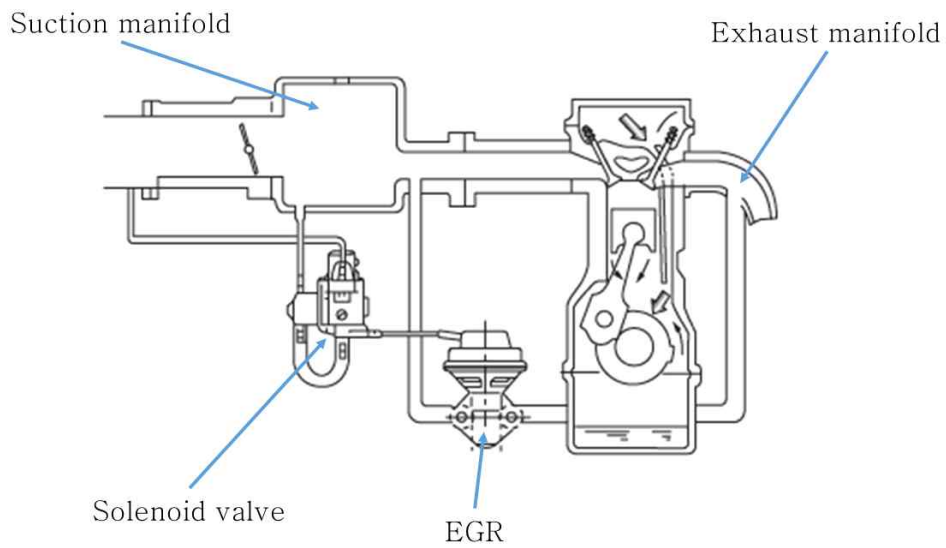


Fig. 32 Systematic diagram of exhaust recirculating system

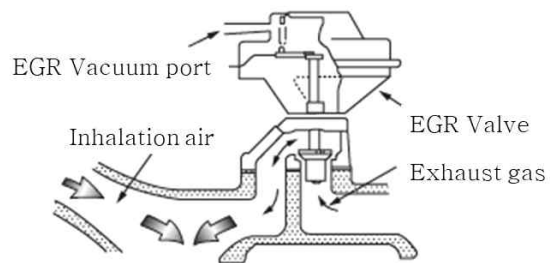


Fig. 33 Operation of the EGR valve

가솔린 엔진의 유해 배기가스를 정화시키는 장치로는 촉매컨버터가 사용된다. 촉매컨버터는 배기다기관 바로 뒤쪽에 설치되어 유해 배기가스가 촉매컨버터를 통과할 때 유해 배기가스의 성분을 낮추는 장치이다. 촉매는 그 자체로는 변화하지 않고, 반응물질을 적당한 조건하에서 산화 또는 환원하는 것을 돕는 성질을 포함하고 있는 물질이며, 그 종류에는 배기가스 중의 일산화탄소와 탄화수소를 이산화탄소와 수증기로 만드는 산화(Oxidation)촉매 작용, 질소산화물을 환원(Reduction)하여 질소와 이산화탄소로 만드는 환원촉매 작용, 그리고 일산화탄소, 탄화수소 및 질소산화물을 동시에 1개의 촉매로 처리하는 삼원촉매(TWC : Three Way Catalysist) 등이 있다.

촉매컨버터의 구조는 미세한 벌집모양 형상의 단면을 가진 타원형 또는 원통형 담체(Honeycomb substrate) 표면에 백금(*Pt*)과 팔라듐(*Pd*), 그리고 로듐(*Rh*)의 혼합물을 균일한 두께로 바른 것이다. 담체는 세라믹(Al_2O_3)과 산화실리콘(SiO_2), 그리고 산화마그네슘(MgO)을 주원료로 하여 합성하여 만든 것이며 그 단면은 cm^2 당 60개 이상의 미세한 구멍으로 되어 있다. 촉매는 일정 온도에 도달되어야 그 기능을 발휘하는데, 촉매의 정화율이 최소 50%가 되는 시점의 온도를 활성개시 온도(LOT : Light Of Temperature)라 한다.

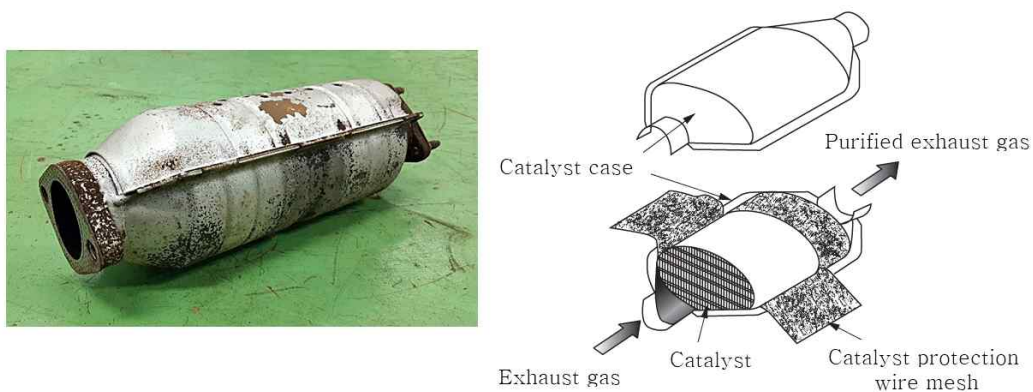


Fig. 34 Structure of catalyst converter

2. 5. 3 배출가스 저감장치 고장시 현상

가솔린 기관 배출가스에는 블로우바이 가스, 연료 증발가스, 배기가스가 있다. 배출가스 중 유해가스가 규정치 이상 배출되면 배출가스와 관련된 센서들을 감시하는 OBD 프로그램에 의해 엔진경고등이 점등되거나 정기검사에서 불합격 판정을 받게 되어 재검사를 받아야 한다. 배출가스는 기관의 출력에도 영향을 미치는데, 배출가스의 기준치 이상 과다 배출의 원인으로는 프로그램이나 전기적 제어 결함보다 기계적인 결함이 비교적 많다. 따라서 엔진의 정상적인 구동을 위한 전반적인 항목이 모두 원인이 될 수 있으므로 흡기계통부터 배기계통까지 모든 기본적인 항목을 점검해야 한다.

배출가스 관련 고장시 운전자가 가장 먼저 확인 할 수 있는 것은 경고등이다. 또한 배기구에서 정상적인 색의 배기가스가 아닌 흰색 또는 검정색 계통의 탁한 가스가 나온다. 운전자가 배출가스 관련 고장을 인지하지 못하고 일정기간 주행을 하면 연비가 현저히 떨어진다는 것도 알수 있다. 하지만 경고등으로 운전자에게 알려주지 않는 상황에서는 정기검사에서 배출가스 검사를 받은 후에야 고장을 알 수 있다. 가솔린 승용자동차의 배출가스 허용기준은 Table 9와 같다.

Table 9 Petrol passenger car emissions acceptance criteria

Vehicle type	Production date	CO	HC	λ
Passenger car (petrol)	~ 1987. 12. 31	Less than 4.5%	Less than 1,200ppm	1±0.1
	1998. 1. 1 ~ 2000 12. 31	Less than 1.2%	Less than 220ppm	
	2001. 1. 1 ~ 2003. 12. 31	Less than 1.2%	Less than 220ppm	
	2006. 1. 1 ~	Less than 1.0%	Less than 120ppm	

2. 5. 4 배출가스 저감장치 진단방법

블로바이 가스 점검은 가솔린 기관 뿐만 아니라 디젤, LPi 기관에도 해당되며 배출가스 제어부분 점검시 반드시 필요하다. 블로바이 가스 발생량 확인 방법은 엔진을 시동하여 오일 레벨게이지를 뽑고, 엔진 회전수를 약 3000rpm으로 가속 하면서 오일 레벨게이지 통로를 통하여 블로바이 가스가 토출되는지 확인해야 한다. 블로바이 가스를 흡기다기관으로 보내는 호스들과 연결부의 헐거움 또는 찢어짐이 없는지 확인하고, PCV밸브를 탈거하여 서지탱크 쪽으로 연결된 부분으로 빨아당기는 진공력이 작용하는지 확인하여야 한다. 작동 불량시는 교환하여 정상 작동하는지 확인해야 한다.

연료 증발가스 누설 시험시에는 엔진을 시동하여 난기 운전을 한다. 검사 조건이 충족이 되었으면 차량용 진단기를 이용하여 차종 및 연식을 선택 후 엔진제어/증발가스 누설 시험을 한다. 연료 증발 가스 제어는 가솔린 기관에만 해당된다. KOBDE가 적용된 2007년 이후 생산된 모든 가솔린 차량에서는 Table 10과 같이 연료 증발 가스 누설 모니터링을 실시하지만 2007년 이전의 생산된 차량에서는 캐니스터 닫힘 밸브(CCV) 및 연료탱크 압력 센서(FTPS) 설치 의무가 없으므로 누설 판단을 할 수 없다. 그러므로 2007년 이전에 생산된 차량의 경우에는 PCSV와 CCV, 그리고 캐니스터에 대한 단품점검을 실시해야 하고, 기밀시험 또한 실시하여 고장 유무를 판단하여야 한다.

PCSV의 단품 점검 방법으로는 차량에서 단품을 분리하여 커넥터에 전원을 직접 인가 할 때 진공이 유지되는지 확인하고, 다시 전원을 분리하면 진공이 해제되는 지를 확인한다. CCV의 경우 점검방법은 부품을 차량에서 분리하고 배터리 전압을 CCV커넥터에 직접 인가할 때 통로가 막히는지 확인한다. 그 후 CCV내 에어필터의 오염이나 연결 호스의 헐거움, 찢어짐 등을 육안으로 확인한다. 캐니스터의 경우에는 균열, 누설, 베이커 호스 및 튜브 풀림, 과도한 휨 손상 등을 육안으로 확인한다.

Table 10 Fuel evaporative emission leak diagnosis table

Section name	PCSV	CCV	Sxplanation
Fuzzy control	Open	Open	Be under fuzzy control while driving (After warm-up, above idle; activated at acceleration).
Evaporative emission quantity check	Closed	Closed	The pressure in the fuel tank slowly changes with the amount of evaporation gas produced. The pressure in the fuel tank rises when the PCSV is stuck open. It does not rise and it decreases.
Over leakage diagnosis	Open	Closed	Determine if there is any leakage by forming a negative pressure in the fuel tank. As a section, it usually takes about 10 seconds to evaporate. The pressure does not drop well in case of a large leakage of a Suga.
Delay	Closed	Closed	Pressure in the fuel tank rises smoothly depending on the amount and temperature of the fuel. Do it. If the evaporative gas leaks a small amount, the pressure increases rapidly.
CCV diagnosis	Closed	Open	If you open the CCV with the PCSV closed, the pressure is rapidly increasing. It rises, and if the pressure doesn't rise rapidly, CCV is judged to be stuck closed.

Ⅲ. 실험 및 방법

3. 1 계측 시스템

3. 1. 1 실험 엔진

Fig. 35는 실험에 사용된 가솔린 자동차 엔진 시뮬레이터(Simulator)이다. 본 시뮬레이터은 현재 준중형세단에 많이 쓰이는 엔진 G-1.6 GDI(Gasoline Direct Injection)으로 수냉방식을 쓰는 가솔린기관이며, 현재 일반 준중형세단 외에도 하이브리드자동차(HEV, Hybrid Electric Vehicle), 플러그인하이브리드 자동차(PHEV, Plug-in Hybrid Electric Vehicle), 그리고 소형 SUV(Sport Utility Vehicle)등 다양한 가솔린 자동차에 사용되는 엔진이다. G-1.6 GDI 엔진사양은 Table 11과 같고, 본 엔진의 냉각시스템 중 실험에 사용한 부품의 각 사양은 Table 12와 같다.



Fig. 35 Gasoline 1.6 GDI engine simulator

Table 11 Gasoline 1.6 GDI engine specification

Category	Data
Type	Series, DOHC
Cylinder count	4
Cylinder internal diameter	77mm
Cylinder stroke	85.44mm
Exhaust volume	1,591cc
Compression ratio	11.0 : 1
Ignition order	1-3-4-2

Table 12 Gasoline 1.6 GDI cooling system specifications

Category	Specification	
Cooling control format	Inlet control	
Cooling fan control format	High/Low (two-stage control)	
Cooling fan register resistance	0.28±10%Ω	
Cooling method	Forced circulation using cooling fan	
Coolant capacity	Approximately 6.4L	
Thermostet	Type	Wax pallet type
	Opening temperature	82±1.5℃
	Deployment temperature	95℃
Radiator cap	High pressure valve open pressure	0.95~1.25 kg/cm ²
	Vacuum valve open pressure	MAX 0.07 kg/cm ²
Water-on-sensor format	Thermistor type	
Water temperature sensor resistance	20℃	2.45±0.14 kΩ
	80℃	0.3222 kΩ

3. 1. 2 측정 장비

데이터를 얻기 위한 장비로는 현재 정비 현장에서 가장 많이 보급되어 사용되고 있으며, 냉각수의 온도변화에 대한 데이터의 수집이 용이한 자동차 종합 진단기(HI-DS Premium)를 사용하였다. 데이터 수집 장비의 모습은 Fig. 36과 같으며 진단기의 기본적인 사양은 Table 13과 같다.



Fig. 36 Comprehensive car diagnostic machine (HI-DS Premium)

Table 13 Comprehensive vehicle diagnostic machine

Category		Specification
Voltage output	Output range	0.0V ~ 5.0V±0.1V
	Forced stop	Output data can range from 0.0V to 5.0V in case of deviation
Frequency output	Output range	1Hz ~ 15kHz±0.5%
	Duty	50%
	Voltage level	Maximum:5V, Minimum:0V
	Forced stop	In case the ground side output data is taken out of the voltage range of (-)1.0V to 6.0V.
Actuator control	Frequency range	1Hz ~ 999Hz±0.5%
	Duty Range	1% ~ 99% @ 1Hz ~ 999Hz (step by step 1%)
	Pulse Width	Dependent on frequency or duty
	Allowable current	2A±0.3A

3. 2 고장 상황별 실험

3. 2. 1 실험 조건

본 실험은 기관을 공회전(600~700 rpm)으로 실시하였고, 자동차 종합 진단기를 유선으로 연결하여 엔진냉각수 온도의 변화에 따라 저 항이 달라지는 서미스터의 특성을 갖고 있는 냉각수온 센서(Watertemperature sensor)의 결과물을 이용한 데이터 기록방식을 사용하였다. 모든 실험은 기관 가동전 충분히 냉각시켜 장시간 주차한 상황을 가정하고 실험하였으며, 외기 온도에 대한 온도변화의 폭을 줄이기 위하여 실내에서 실험을 실시하였고 그 밖의 조건은 모두 동일한 상태에서 실험하였다.

정상적인 엔진의 온도변화를 측정하고 워터펌프 고장, 냉각수온조절기 고장, 냉각수 부족 고장, 냉각 팬 고장, 냉각수 호스 막힘 고장의 5가지 상황을 연출하여 냉각시스템 고장시 시간에 따른 냉각수온도의 변화를 측정하였다.



Fig. 37 Experimental equipment and measuring equipment

3. 2. 2 워터펌프 고장상황 실험

정상적인 가솔린 기관의 워터펌프는 작동시 냉각수 유속이 약 0.3~0.6m/s가 되어야 하고 냉각 시스템 전반에 냉각수를 전달 할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 이는 냉각효율을 정하는데 큰 부분을 차지하기도 한다. 이런 특징을 갖고있는 워터펌프에서 가장 중요한 부분은 임펠러(Impeller)이다. 임펠러는 크랭크축의 풀리와 워터펌프의 풀리를 연결한 벨트로 인해 구동되는 방식이어서 벨트의 손상 및 끊어짐에 의해 임펠러 구동이 안되는 경우도 있지만 정기적인 냉각수의 교환 등을 하지 않는 등의 관리소홀로 인해 임펠러 자체가 부식되어 손상되는 경우도 생긴다. 본 실험에서는 Fig. 38과 같이 부식으로 인한 임펠러의 손상이 90% 이상인 워터펌프를 기관에 장착하여 유속과 효율을 떨어뜨려 시간에 따른 냉각수온도의 변화를 살펴보고, 정상엔진에서의 냉각수온도 변화와 비교하는 실험을 실시하였고, 냉각수의 온도가 100℃를 초과하는 시점에서는 엔진 보호를 위하여 기관 가동을 중지시켰다.

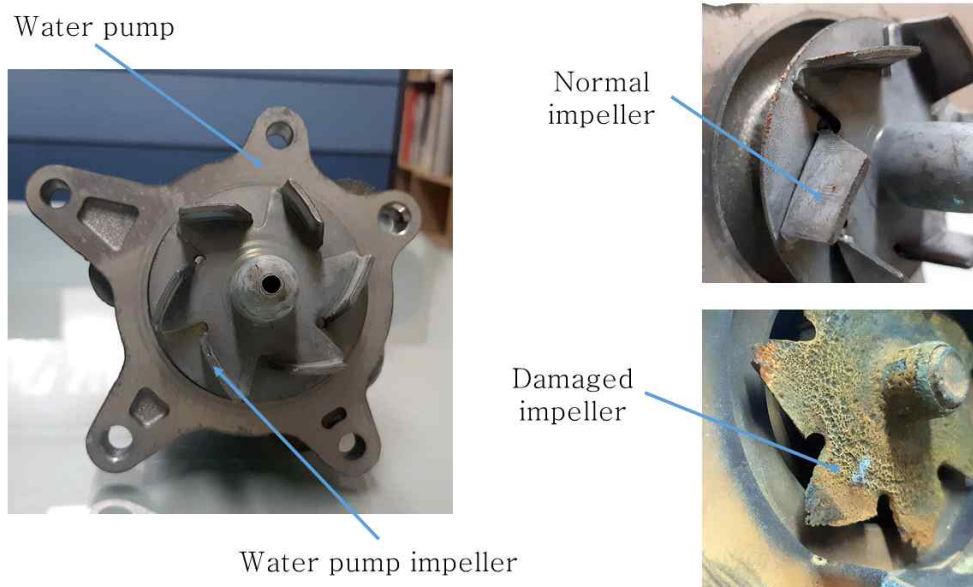


Fig. 38 Comparison of normal and defective water pumps

본 실험에서는 워터펌프 고장시 냉각수 온도는 정상엔진에 비해 빠르게 상승하고, 저속 냉각팬 작동 시작 시간도 빠르게 시작한다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 정상엔진에서는 작동하지 않는 고속냉각팬의 작동도 확인되었다.

3. 2. 3 냉각수온조절기 고장상황 실험

냉각수온조절기는 냉각수의 온도에 따라 열리고 닫히는 일종의 밸브기능을 하는 장치이다. 엔진 가동 초기에는 냉각수의 온도를 빠르게 상승시키기 위하여 라디에이터로의 냉각수 통로를 닫아놓고, 냉각수가 고온이 되면 통로를 열어 고온의 냉각수를 라디에이터로 흘려보내 냉각시키는 기능을 한다. 이러한 냉각수온조절기는 스프링의 장력 손실, 스피들(Spindle) 휨 등의 기계적고장, 그리고 냉각수의 관리를 소홀히 하여 오염된 냉각수에 섞여있는 찌꺼기가 냉각수온조절기에 고착되어 고장나는 경우가 있다. 냉각수온조절기의 고장은 크게 열림고장과 닫힘고장이 있다. 열림 고장시에는 엔진의 정상 가동온도까지 도달하는 시간이 지연되는 등의 과냉현상이 나타나고, 닫힘 고장시에는 라디에이터로의 통로가 막혀 엔진이 과열되는 현상이 타나난다. 열림 고장과 닫힘 고장 중 엔진에 치명적인 것은 닫힘 고장이다. 본 실험에서는 엔진 내부에 흐르는 냉각수에서 발생한 찌꺼기가 수온조절기에 고착되면서 정상대비 효율이 0% 까지 떨어진 부품을 정상엔진에 장착하여 냉각수온도변화를 측정하였다.

본 실험에서는 냉각수온조절기 고장시 시동 초기에는 정상엔진과 비슷하게 냉각수 온도가 상승하나 냉각수온조절기 작동 구간인 85℃구간 이후에는 고장엔진 냉각수가 더 상승하였고, 저속 냉각팬이 작동하는 구간부터는 정상엔진과 냉각수온조절기 고장엔진의 온도변화가 비슷하게 나타났다.

Normal thermostat



Defective thermostat

Fig. 39 Comparison of normal thermostat and bad thermostat

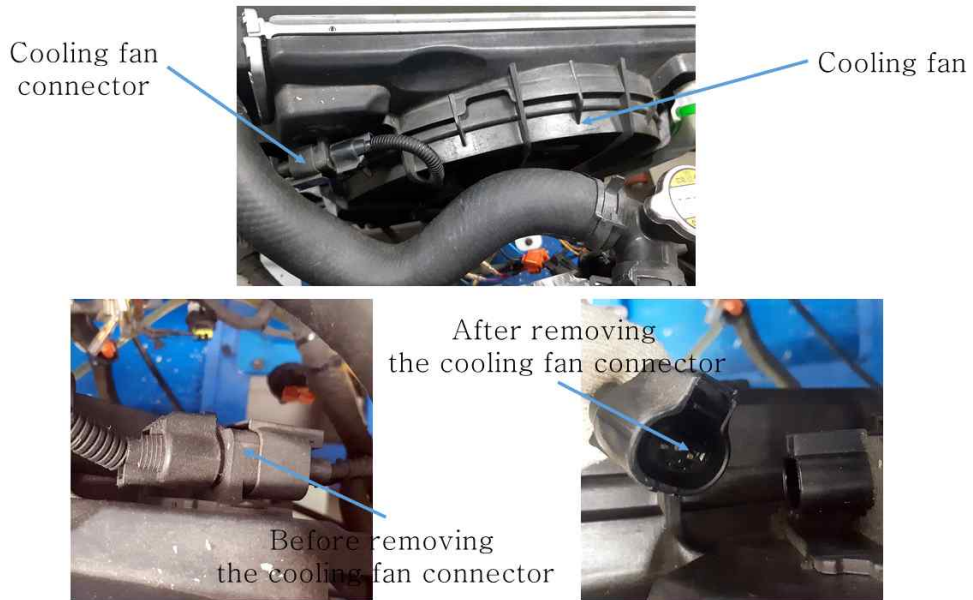


Fig. 40 Comparison before and after cooling fan failure

3. 2. 4 냉각팬 고장상황 실험

전동식 냉각팬은 ECU의 작동 신호를 받고 축전지의 전원으로 작동하는 방식이다. 시동초기에는 엔진의 빠른 워밍업을 위해 냉각팬은 작동하지 않는다. 냉각수의 온도가 약 95℃로 올라가면 냉각팬이 저속으로 작동하여 냉각수의 온도를 85~90℃로 낮추고, 지속적인 고속 주행이나 오르막길 주행에 의해 냉각팬 저속 작동으로도 냉각수의 온도가 계속 상승하여 100℃에 이르면 냉각팬의 속도는 고속으로 작동하게 된다. 이러한 작동은 자동차의 ECU가 냉각수온센서에서 정보를 받아 냉각팬으로 신호를 보내서 작동하는 로직을 사용하고 있다.

본 실험에서는 ECU가 냉각팬으로 작동신호를 보내는 것을 차단하여 냉각팬이 작동하지 못하게 커넥터를 분리하는 방법으로 냉각팬 고장을 가정하여 실험을 실시하였다. 냉각팬이 작동하지 않아 냉각수의 온도가 100℃를 초과하는 시점에서는 엔진 보호를 위하여 기관 가동을 중지시켰다.

냉각팬 고장 엔진의 경우에는 시동 초기부터 저속 냉각팬 작동 시작구간까지는 정상엔진과 비슷한 온도변화를 보여주었다. 하지만 냉각팬 고장 엔진의 경우에는 팬이 작동하지 않아 정상엔진보다 가파르게 온도가 상승한다는 것을 확인할 수 있었다.

3. 2. 5 냉각수 호스 막힘 고장상황 실험

냉각수호스는 기관의 냉각시스템에서 냉각수의 통로중 하나이다. 일반적으로 고무재질로 되어 있으며, 크기가 다른 여러개의 호스가 엔진에 장착되어있다. 이러한 호스는 재질 특성상 오랜기간 사용에 의한 경화와 갈라짐, 열변형에 따른 부풀어 오름, 불량 냉각수에 의한 호스 내 찌꺼기의 고착으로 인한 막힘 고장등이 일어날 수 있다. 냉각수 호스의 기계적인 고장으로 인한 누수의 경우 부동액의 주성분인 에틸렌그리콜의 성질상 누수의 흔적이 남는다. 하지만 냉각수 호스 내부에 고착된 찌꺼기에 의한 고장은 실제 호스를 분해하여 확인하는 방법 밖에는 없는 것이 현실이다. 본 실험에서는 냉각수 찌꺼기가 냉각수 호스 벽면에 고

착되어 막힘 고장 시의 냉각수 온도변화를 확인하기 위해 정상적인 냉각수관에 별도로 두께가 5mm인 냉각수관을 삽입하여 5mm의 이물질이 있다는 것을 가정하여 실험하였다.

냉각수 호스 막힘을 연출한 엔진과 정상엔진의 냉각수 온도변화를 살펴본 결과 초기 두 엔진은 비슷하게 온도가 상승하지만 냉각팬 작동 시작시간은 냉각수 호스 막힘을 연출한 엔진이 빠르고, 작동시간 또한 정상엔진보다 길다는 것을 확인할 수 있었다.

3. 2. 6 냉각수 부족 고장상황 실험

엔진의 냉각장치가 모두 정상인 상태이어도 정작 냉각수의 용량이 부족하면 냉각효율을 떨어지게 되어있다. 냉각수는 기계적 결함과 장시간 사용으로 인한 부식등으로 인해 누수 및 증발이 발생하여 부족해지는 경우가 있고, 보조탱크에서 자연 증발하는 경우도 있다. 냉각수 부족시의 온도변화 실험 시에는 엔진의 정상 냉각수량인 6L의 절반인 3L를 배출하여 냉각수로 인한 냉각효과의 효율을 50%로 낮추어 실시하였다. 냉각수 배출 시에는 엔진 과열 시 누유로 인한 화재를 방지하기 위하여 라디에이터 드레인 플러그를 통하여 냉각수를 배출하여 실험을 실시하였다.

냉각수 부족 고장 엔진의 냉각수 온도변화를 살펴보면 시동 초기에는 오히려 정상 엔진보다 냉각수 온도가 상승하는 속도가 느리다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 냉각수온조절기 열림구간 이후에는 냉각수가 부족한 엔진의 냉각수 온도가 가파르게 상승한다는 것을 확인할 수 있었다.

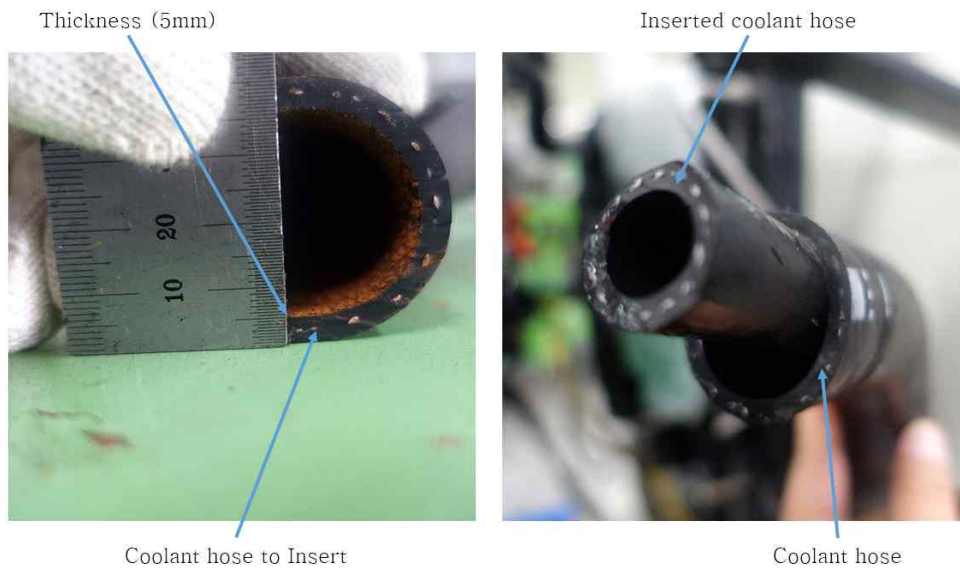


Fig. 41 Coolant hose failure test



Fig. 42 Comparison of normal and bad coolant hoses

IV. 실험결과 및 고찰

4. 1 고장 상황별 냉각수 온도변화

Fig. 43은 정상적인 엔진의 냉각수온도의 변화를 나타낸다. 자동차 가솔린 엔진은 냉각수 온도의 변화에 따라 냉각수온도조절기의 열림 시간이 결정되고 저속냉각팬 및 고속냉각팬이 ECU의 신호에 의해 작동된다. 본 실험에서는 정상 작동 시 엔진은 엔진구동 후 약800초 후 냉각수 온가 85℃까지 상승하고 이 시점에서 냉각수온도조절기가 열렸다. 엔진 구동 후 1,390초 부근에서는 냉각수온도가 95℃를 나타내었으며 이 시점에서 저속냉각 팬이 약20초 동안 작동하여 냉각수온도를 85℃까지 낮추었다. 그 이후 냉각수온도가 95℃부근에서 저속 냉각팬

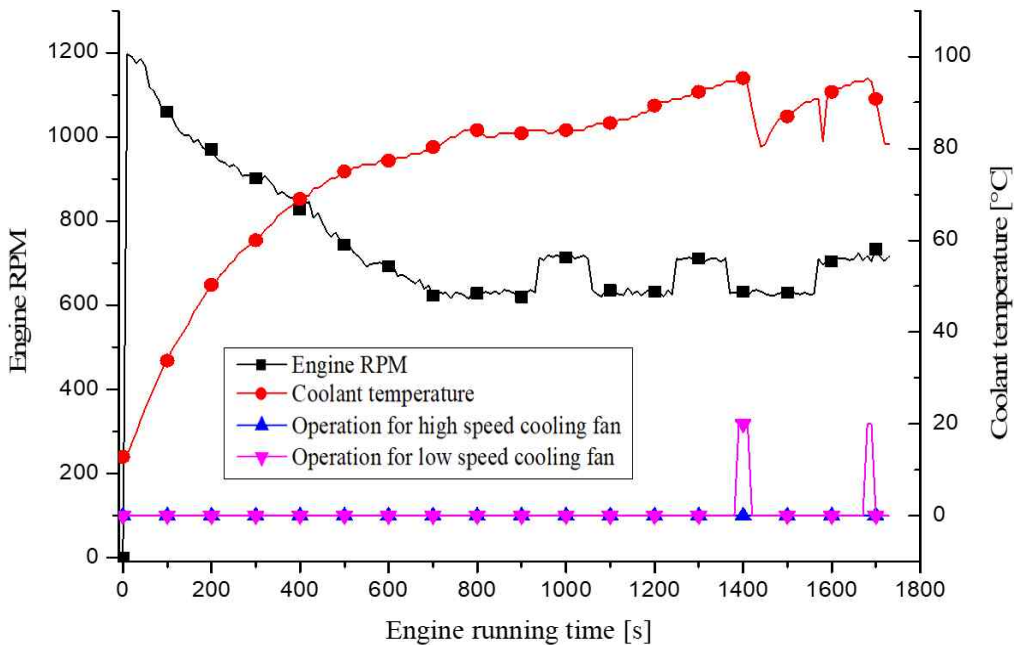


Fig. 43 Normal engine coolant temperature variation

이 작동하고, 작동후 냉각수 온도가 85℃로 낮아지면 멈추는 작동을 반복한다는 것을 확인할 수 있었다. 정상적인 엔진 실험에서 고속 냉각팬의 경우 작동온도인 100℃에 도달하지 않아 작동하지 않은 것을 확인하였다.

Fig. 44는 워터펌프 고장 시 냉각수 온도의 변화를 나타내었다. 워터펌프 고장 시 냉각수의 온도변화를 분석해 보면 냉각수의 온도가 상승하는 시간이 정상엔진보다 확연히 빠르다는 것을 확인할 수 있다. 또한 저속냉각팬 작동 시작시간 또한 정상 엔진의 경우 1,390초에서 작동했으나 워터펌프 고장 시에는 660초에서 작동이 시작되었고, 고속 냉각팬의 경우 정상엔진에서 공회전시에는 작동하지 않았으나 워터펌프 고장시에는 작동시간 810초 부근에서 냉각수의 온도가 100℃까지 오르자 작동을 시작한다는 것을 확인할 수 있었다. 워터펌프 고장시 냉각수온 조절기의 열림 시간은 기관 가동 후 520초 부근이며, 이 또한 정상엔진에 비해 냉각수온조절기의 열림 시간이 빠르다는 것을 알 수 있었다.

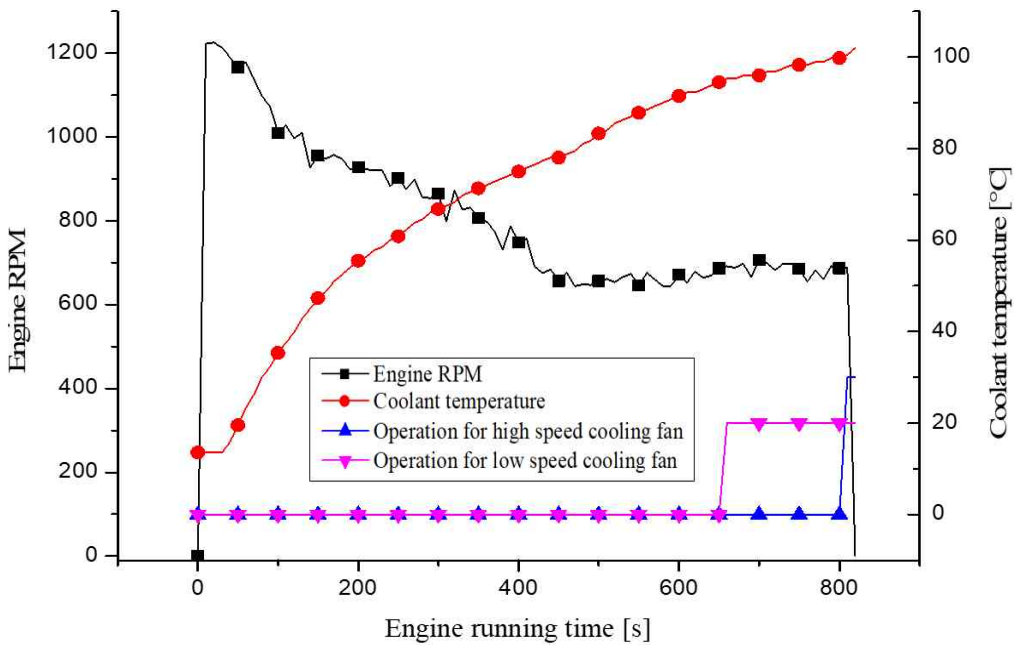


Fig. 44 Water pump failure engine coolant temperature change

Fig. 46은 냉각수온도조절기 고장 시 냉각수 온도의 변화를 나타내었다. 데이터를 분석해 본 결과, 냉각수온도조절기 고장 시에는 정상 작동하는 냉각수온도조절기의 작동구간 없이 온도가 지속적으로 상승한다는 것을 확인할 수 있었으며, 저속 냉각팬 작동 시작시간 또한 정상 엔진에 비해 크게 다르지 않다는 것을 확인할 수 있었다. 냉각수온도조절기 닫힘 고장시 냉각수 온도 변화가 정상 엔진의 냉각수 온도 변화가 냉각수온도조절기 열림 시간외에 별다른 차이가 없다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 냉각수온도조절기가 열려 고온의 냉각수가 라디에이터를 통하여 냉각되지 않더라도 저속 냉각팬의 작동으로도 실린더 헤드와 실린더 블록의 물재킷 내에 있는 냉각수의 냉각이 가능하다는 것을 확인할 수 있다. 냉각수온도조절기의 정확한 고장 판단을 위해서는 본 실험에서와 같이 엔진을 무부하 공회전이 아닌 엔진에 부하를 주고 저속 냉각팬 작동으로 가능한 냉각효과를 넘는 온도변화를 주고 실험 할 필요성을 확인하였다.

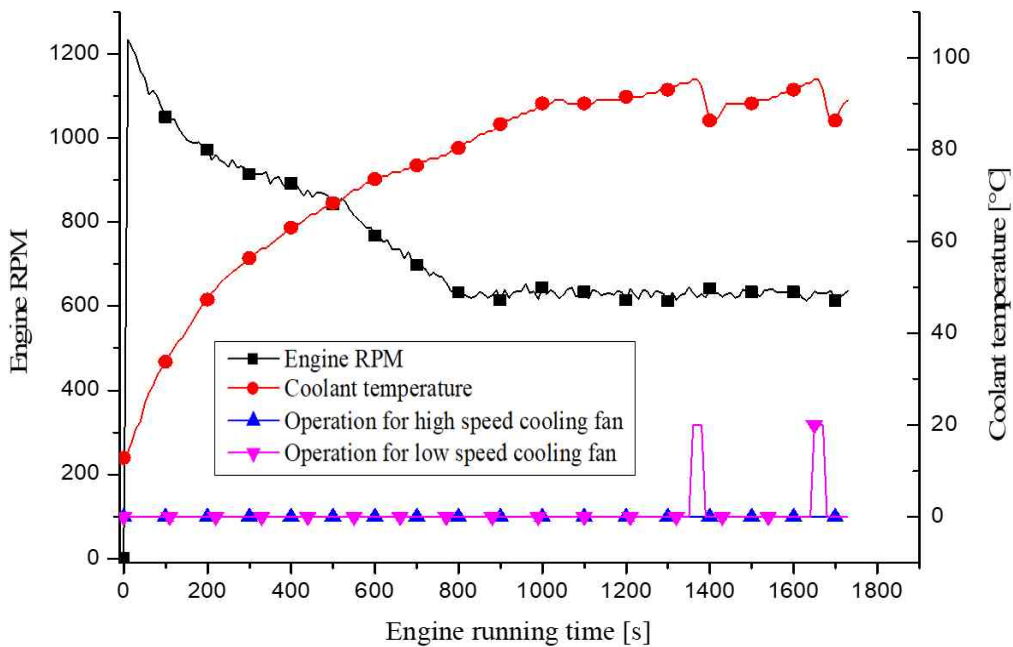


Fig. 45 Coolant thermostat failure engine coolant temperature change

Fig. 48은 냉각수 부족 시 냉각수의 온도변화를 나타내는 그래프이며 정상 엔진보다 냉각수의 상승속도가 빠르고, 냉각수온조절기 열림 시각도 가동 후 660초 부근으로 정상엔진 보다 빠르다는 것을 알 수 있다. 저속 냉각팬이 작동되기 시작하는 시점은 엔진 가동 후 770초 부근으로 정상 엔진보다 작동시간이 빠르며, 고속 냉각팬은 엔진 가동 후 1,420초 부근 냉각수 온도 100℃에서 작동을 시작하였다. Fig. 49와 같이 정상 엔진에서 냉각수 온도 변화와 냉각수가 부족한 엔진의 냉각수 온도변 두가지를 비교하면, 정상 엔진의 냉각수 온도 변화는 완만하게 상승하는 것을 확인 할 수 있으며, 냉각수가 부족한 엔진의 냉각수 온도 변화를 확인해 보면 저속 냉각팬 작동 시작 부근까지 급격하게 오르는 것을 확인할 수 있다. 또한 저속 냉각팬이 작동후에도 냉각수의 온도는 떨어지지 않고, 고속 냉각팬이 작동해도 냉각수의 온도는 낮아지지 않는다는 것을 확인하였다. 본 실험으로 냉각수의 용량이 부족하면 냉각효율이 정상 엔진에 비해 급격하게 떨어진다는 것을 확인할 수 있다.

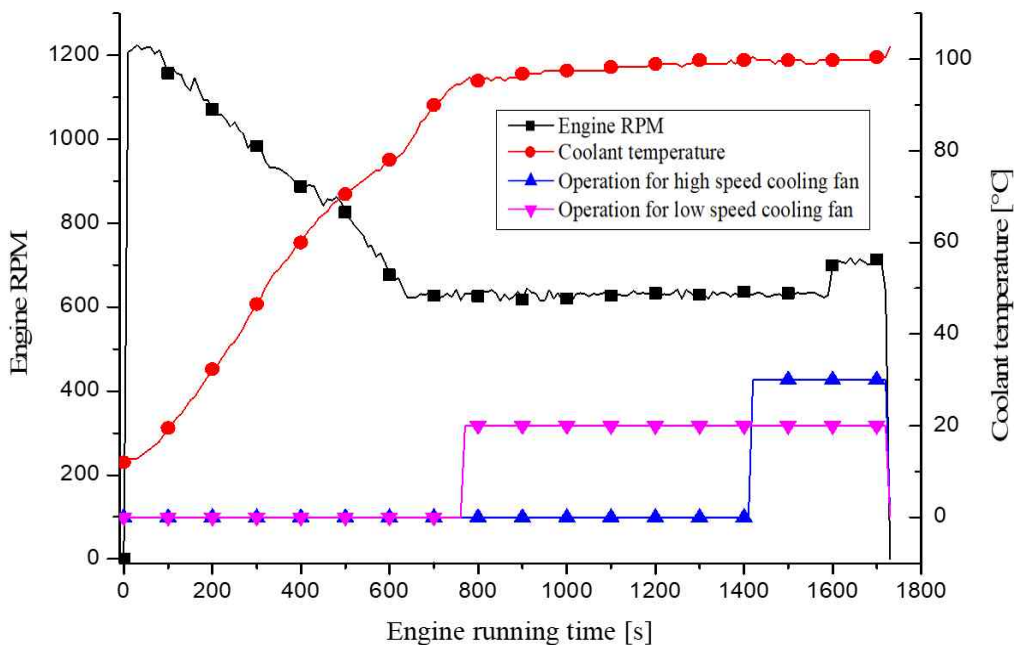


Fig. 46 Coolant low fault engine coolant temperature change

Fig. 50는 냉각팬 고장 시 온도변화를 나타내는 그래프이며 확인 결과, 시동 초기 온도변화는 정상 엔진의 냉각수 온도변화와 냉각팬 고장시 냉각수 온도변화가 큰 차이가 없으나 냉각팬 작동이 시작되어야 하는 온도에서도 냉각팬이 작동하지 않아 온도가 계속적으로 상승한다는 것을 알 수 있었다.

정상적인 엔진의 냉각수 온도는 냉각수온조절기가 열리는 시점과 저속 냉각팬이 작동하는 시점에서 냉각수의 온도가 떨어지는 것을 확인 할 수 있으나, 냉각팬 고장시에는 냉각수온조절기 열림구간에 잠시 떨어지지만 그 후 냉각팬이 작동해야 하는 구간에 작동을 하지 않아 냉각수 온도는 지속적으로 오르는 현상을 보이고 있다. Fig. 51에서 확인할 수 있듯이 정상 엔진과 냉각수가 부족한 엔진의 냉각수 온도 변화는 비슷하게 오르고 있다가 시동 후 1,390초 구간에서부터 차이가 발생한다는 것을 확인할 수 있다.

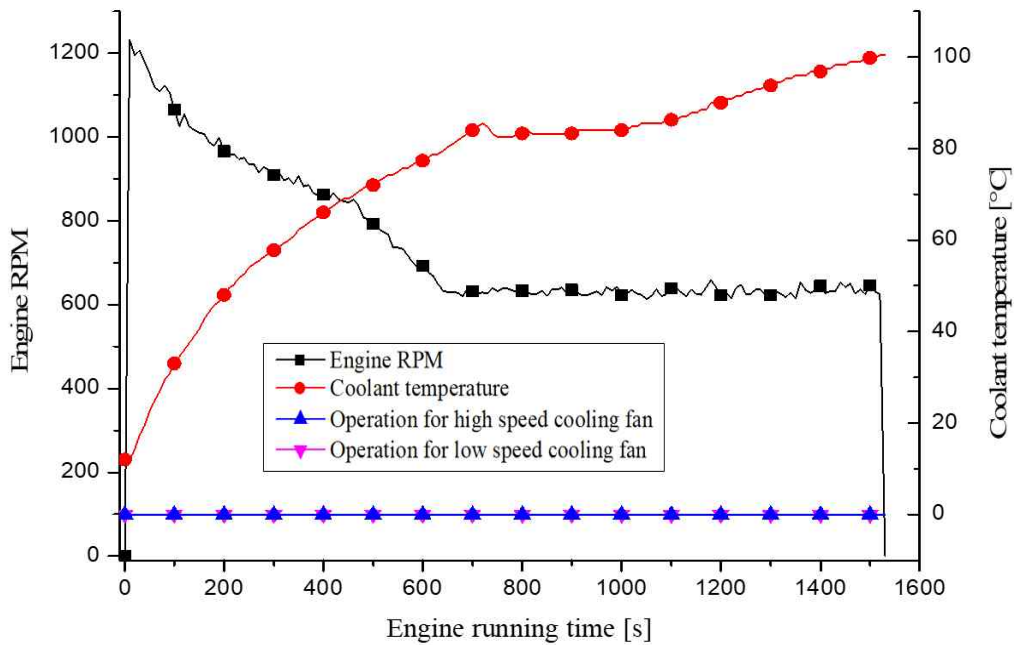


Fig. 47 Cooling fan failure engine coolant temperature change

Fig. 52는 냉각수 호수 막힘 시 냉각수 온도의 변화를 나타내었다. 정상적인 냉각수 호스에 두께가 5mm인 호스를 넣어 냉각수 호스가 부분적으로 막힌 것을 가정하여 실험을 진행하였다. 냉각수 호스는 냉각수 찌꺼기의 고착 정도와 장시간 사용으로 인한 부풀림 등이 있어서 막힘율에 따른 온도의 변화를 판단하기에는 오차가 존재한다.

Fig. 53에서 볼수 있듯이 냉각수 호스의 막힘이 있는 엔진인 경우 정상 엔진에 비해 냉각수 온도가 빠르게 상승하지만 저속 냉각팬이 작동하는 시간은 냉각수 호스가 막힌 엔진에서 먼저 작동을 시작하는 것을 볼 수 있다. 또한 저속 냉각팬이 작동하는 시간도 더 길다는 것도 확인 할 수 있다. 두 상황 모두 무부하 공회전에서 실험을 진행하여 고속 냉각팬은 작동을 하지 않고, 냉각수 온도가 95℃ 시점에서 저속 냉각팬이 작동되어 온도가 낮아졌다가 다시 온도가 상승하면 저속 냉각팬이 작동하는 것이 반복되는 것을 확인할 수 있었다.

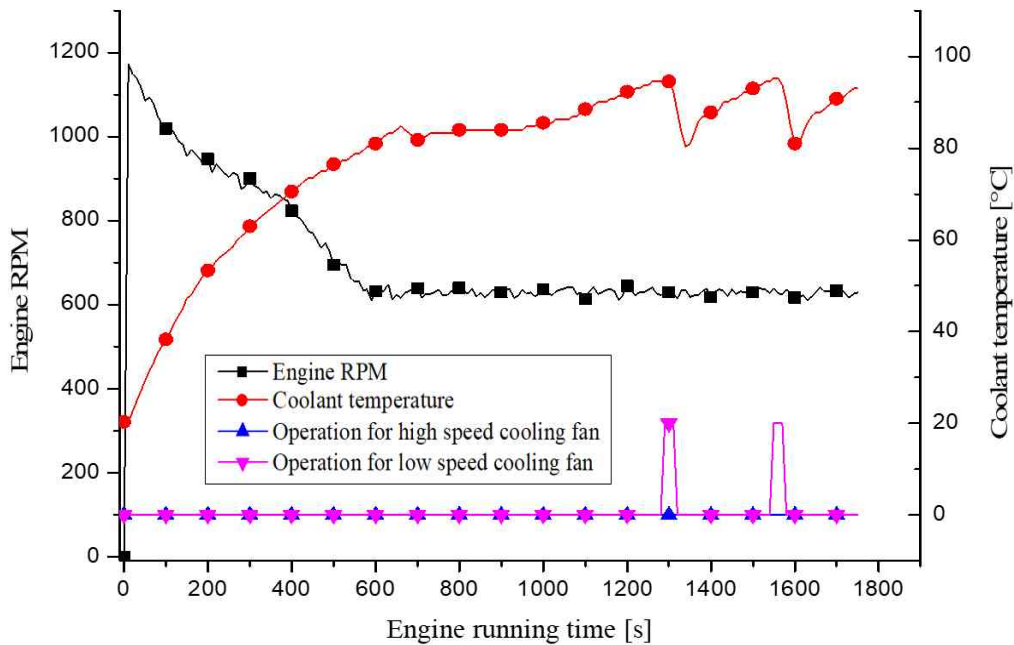


Fig. 48 Coolant lake blocked engine coolant temperature change

각 고장 상황 시 냉각수 온도에 따른 저속 냉각팬과 고속 냉각팬의 작동 시작 시간 및 작동시간을 확인하기 위하여 저속 냉각팬과 고속 냉각팬의 작동 시부터 작동 중의 모든 시간에 임의의 값(저속 냉각팬 : 20, 고속 냉각팬: 30)을 주어 온도변화에 따른 작동상태를 동시에 확인할 수 있게 하였다. 또한 각 실험 중 Fig. 44와 Fig. 48, 그리고 Fig. 50의 경우에는 엔진냉각수의 온도가 100℃가 넘는 시점에서 과열에 의한 엔진의 기계적 손상을 방지하기 위하여 엔진 시뮬레이션의 구동과 데이터 수집을 중지하였다.

4. 2 냉각수 온도변화 비교

Fig. 45는 정상 엔진과 워터펌프 고장 엔진의 시간별 냉각수 온도 변화를 비교하여 나타낸 그래프이다. 두 상황을 비교해 보면 정상 엔진에 비해 워터펌프 고장 엔진은 시동 초기부터 냉각수 온도의 상승 속도가 정상엔진에 비해 급격히 상승한다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 정상 엔진은 시동 후 약 800초 부근에서 냉각수 온도가 85°C가 되어 냉각수온조절기 열림을 볼수있지만, 워터펌프 고장 엔진의 경우에는 고속 냉각팬 작동온도인 100°C까지 상승한다는 것을 확인할 수 있다. 이에 시동 후 냉각수 약 800초 부근에서 냉각수의 온도가 100°C에 달하면 엔진은 워터펌프 고장을 유추해 볼 수 있다.

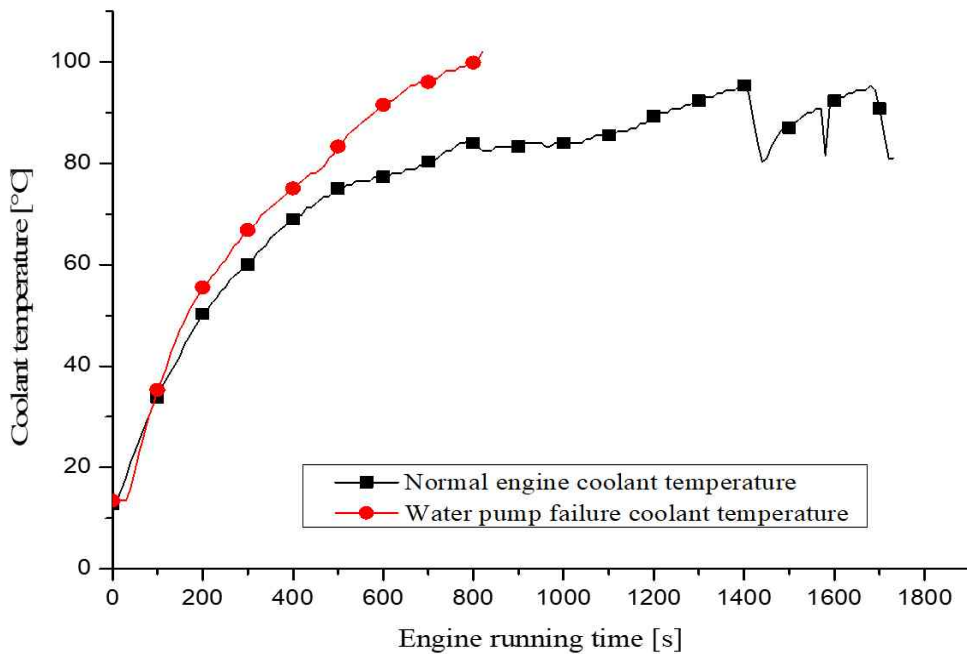


Fig. 49 Coolant temperature variation in normal engine and water pump fault engine

Fig. 47는 정상 엔진과 냉각수온조절기 고장 엔진의 시간별 냉각수 온도 변화를 비교하여 나타낸 그래프이다. 두 상황을 비교한 그래프를 살펴보면 시동 초기에는 비슷하게 온도가 올라가다가 시동 후 약 800초 후에 정상 엔진은 냉각수온 조절기가 열리면서 냉각수 온도가 떨어졌다가 다시 오르는 반면 냉각수온조절기가 고장난 엔진의 경우에는 지속적으로 냉각수 온도가 상승한다는 것을 확인할 수 있다. 또한 저속 냉각팬의 경우에는 냉각수온조절기 고장 엔진의 작동 시작시간이 정상 엔진보다 빠르고 작동시간 또한 정상 엔진보다 오래 작동 한다는 것을 확인할 수 있다. 이에 냉각수온조절기가 작동되는 온도는 85°C 지점에서 냉수 온도가 떨어지는지 확인하고, 저속 냉각팬의 동작 시작 시간과 작동 시간을 확인 하면 냉각수온조절기의 고장을 유추해 볼 수 있다.

Fig. 49는 정상 엔진과 냉각수 부족 고장 엔진의 시간별 냉각수 온도 변화를 비교하여 나타낸 그래프이다. 그래프를 보면 시동 초기에는 오히려 정상엔진의 냉각수 온도 상승이 빠르다는 것을 확인할 수 있다. 이는 가솔린 기관의 초기 워

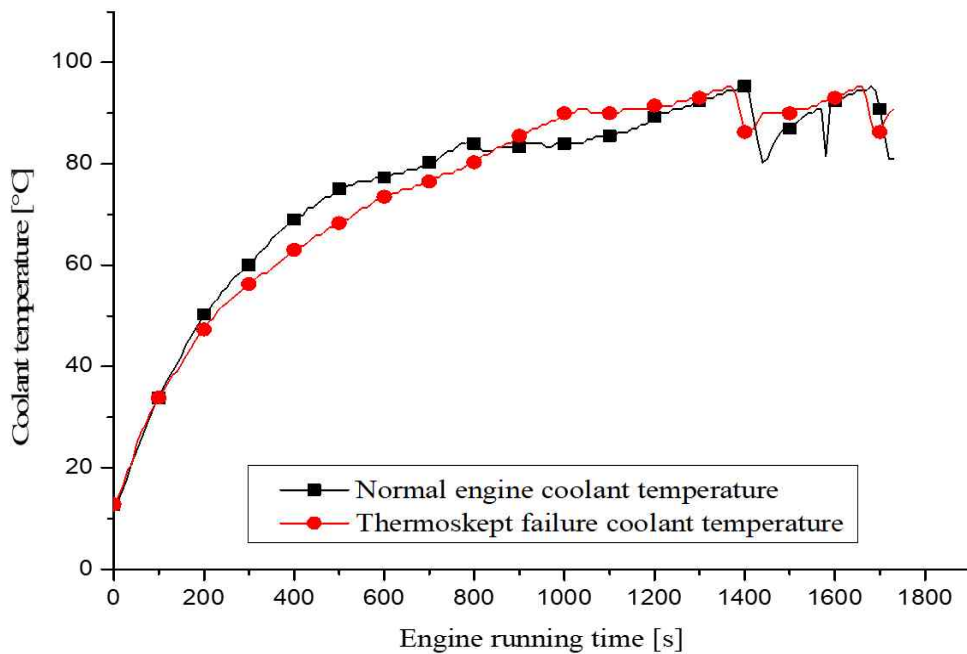


Fig. 50 Coolant temperature variation of normal engine and thermostat fault engine

업 과정에서 냉각수 부족 엔진의 경우 온도 상승률이 빨라 기관의 RPM을 정상 엔진보다 상대적으로 낮추는 로직에 의한 것으로 사료된다. 하지만 시동 후 600초 부근에서 부터는 냉각수가 부족한 엔진의 온도 상승이 가파르고 시동 후 약 700초 부근에서는 정상 엔진의 경우 냉각수온조절기가 열려 온도가 조금 떨어지는 모습을 보이지만 냉각수가 부족한 엔진의 경우에는 비슷한 시점에서 냉각수 온도가 95℃까지 올라 저속 냉각팬이 작동하기 시작한다. 하지만 저속냉각팬이 작동하더라도 냉각수 온도는 계속 오르고 시동 후 1,420초 부근에서 냉각수 온도는 100℃까지 올라 고속 냉각팬이 작동하기 시작한다. 고속 냉각팬 작동이 시작되면서 냉각수 온도는 99~102℃ 사이를 반복하면서 유지가 된다. 이에 시동 초기 율업시간에는 냉각수 온도가 천천히 오르다가 85℃ 시점에서부터 온도가 급격히 오르고, 저속 냉각팬과 고속 냉각팬이 작동하더라도 온도가 99℃이하로 내려가지 않는다면 엔진은 냉각수가 부족하다는 것을 유추할 수 있다.

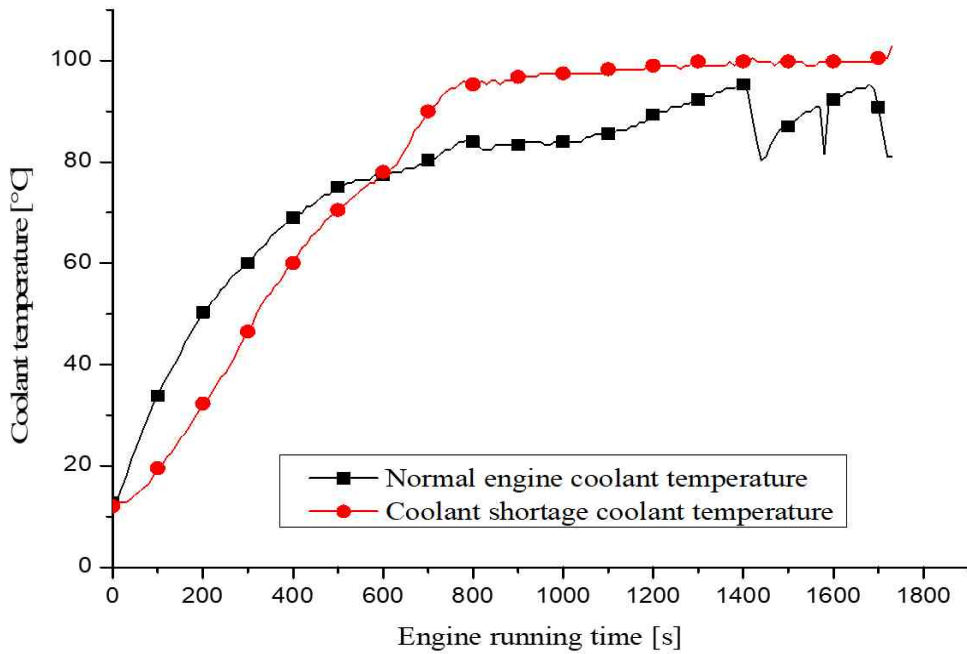


Fig. 51 Normal engine and low coolant fault engine coolant temperature change

Fig. 45는 정상 엔진과 냉각팬 고장 엔진의 시간별 냉각수 온도 변화를 비교하여 나타낸 그래프이다. 두 상황의 냉각수 온도 변화를 비교해보면 초기에는 서로 비슷하게 온도가 상승하나 시동 후 1,390초 부근에서 정상 엔진은 냉각팬이 작동하여 냉각수 온도가 떨어지는 모습을 보이나 냉각팬 고장 엔진의 경우에는 냉각팬이 작동하지 않아 냉각수의 온도가 가파르게 상승하고 1,520초 부근에서는 냉각수의 온도가 100℃를 넘게된다. 이에 시동 초기 냉각수 온도는 정상 엔진에 비해 차이가 없으나 냉각팬 작동 시점부터 냉각수 온도가 가파르게 상승하면 냉각팬의 고장을 유추해 볼 수 있다.

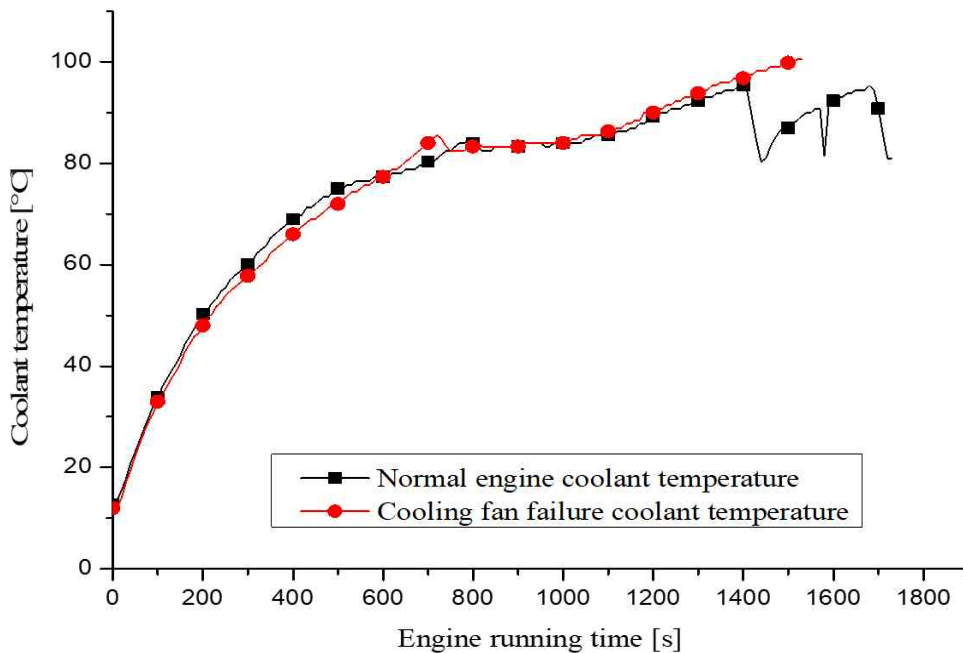


Fig. 52 Coolant temperature change in normal engine and cooling fan failure engine

Fig. 53는 정상 엔진과 냉각수 호스 막힘 고장 엔진의 시간별 냉각수 온도 변화를 비교하여 나타낸 그래프이다. 두 상황을 비교한 그래프를 보면 시동 초기부터 냉각팬 작동 시간까지의 냉각수 온도변화는 비슷하게 상승하고 있다. 하지만 저속 냉각팬 작동 시작 시간이 정상 엔진에 비해 냉각수 호스 막힘 엔진이 현저히 빠르고 작동시간 또한 길다는 것을 확인할 수 있다. 이에 저속 냉각팬의 작동 시작 시간이 정상 엔진보다 현저히 빠르고 구동 시간 또한 정상 엔진보다 길다면 냉각수 호스의 막힘을 유추해 볼 수 있다.

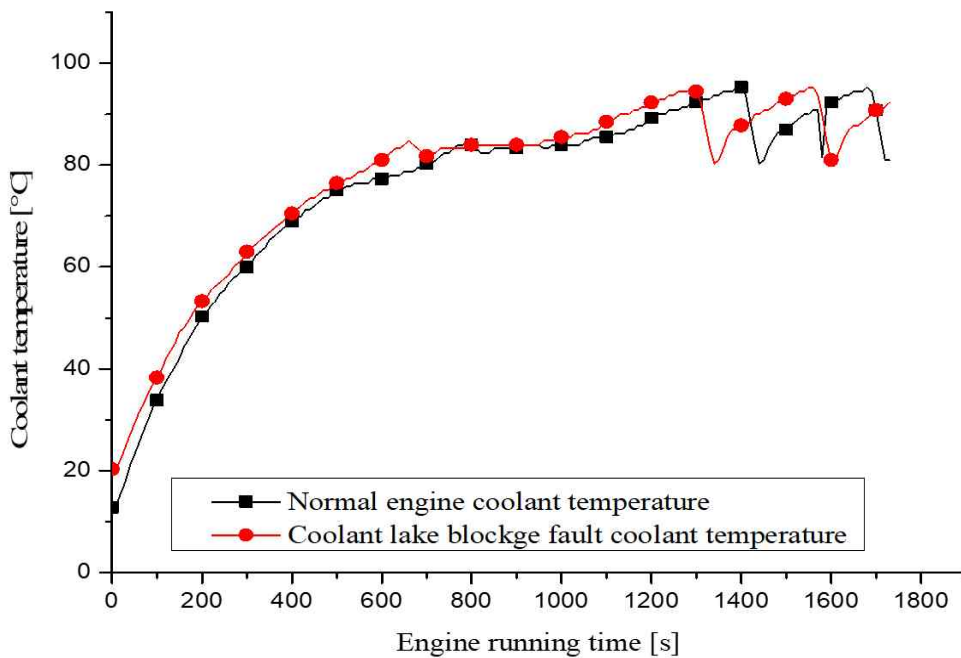


Fig. 53 Normal engine and coolant hose clogged failure coolant temperature comparison for engine

V. 결론

가솔린 기관에서 냉각장치는 자동차의 성능 뿐만 아니라 기계적 보호 및 배출 가스에도 큰 영향을 미친다는 것을 확인했다. 또한 과거에서부터 지금까지 자동차 정비 현장에서는 가솔린 기관의 냉각계를 점검할 때 냉각수 누수를 비롯해 냉각 계통 각각의 단품을 엔진에서 탈거하여 직접 육안으로 확인해서 점검해야 하는 어려움이 있다. 비록 전자제어시스템의 발전으로 진단기를 통한 냉각계의 점검이 가능하나 이는 냉각수의 온도변화만을 확인할 수 있는 정도에 그치고 있다는 것이 현실이다.

본 연구에서는 가솔린 내연기관 냉각장치의 각 구성품마다 고장별 냉각수 온도변화를 분석하여 냉각수시스템의 고장원인을 연구고 냉각수의 온도 변화에 따른 냉각계의 이상 부품을 유추할수 있다는 것을 하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 가솔린 기관 냉각장치는 고장부위에 따라 냉각수의 온도 변화와 냉각팬 작동 시간이 시간별로 각각 다른 특성을 나타낸다는 것을 확인할 수 있었다.
- 2) 가솔린 엔진 시동 후 냉각수 온도가 급격히 상승하고 100℃에 이르는 시간이 약 800초 이내이면 워터펌프 고장을 유추해 볼수 있었다.
- 3) 가솔린 엔진 시동 후 냉각수온도조절기가 작동되는 온도인 85℃ 시점에서 냉각수의 온도가 떨어지지 않고 지속적으로 상승하면 냉각수온도조절기의 고장을 유추해 볼수 있었다.
- 4) 가솔린 엔진 시동 후 냉각수 온도가 85℃ 시점에서부터 급격히 상승하고 저속 냉각팬과 고속 냉각팬이 작동하더라도 온도가 내려가지 않는 현상이 지속되면 엔진의 냉각수가 부족하다는 것을 유추해 볼수 있었다.

- 5) 가솔린 엔진 시동 후 냉각팬 작동 냉각수 온도인 95℃ 시점에서 냉각팬이 작동을 하지 않고 온도가 지속적으로 계속 상승하면 냉각팬 고장을 유추해 볼 수 있었다.
- 6) 가솔린 엔진 시동 후 저속 냉각팬 작동 시작 점이 정상 엔진보다 현저히 빠르면 냉각수 호수 막힘 고장을 유추해 볼 수 있었다.
- 7) 따라서 실제 엔진의 냉각라인 고장으로 정비소에 입고한 차량의 점검에서 냉각수계통의 모든 단품들을 탈·부착하여 점검하는 방법은 많은 시간이 필요하다. 하지만 본 실험을 통해 냉각수온도의 변화만으로 특정 고장부위의 추정이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

향후 추가적인 실험과 각 엔진마다의 특성을 고려하여 실험한 데이터베이스를 프로그램화 한다면 차량용 진단기를 통해서도 냉각계통의 문제점을 파악하는데 시간과 비용이 절약될 수 있을 것으로 사료된다.

VI. 참고문헌

- [1] H. K. Lee, 2010, "Experimental Study on Engine Performance Improvement and Exhaust Gas Reduction Using Coolant Additives", Hongik University Graduate School, pp. 3~4.
- [2] K. B. Lee and K. C. Oh, 2016, "NOx Emission Characteristic according to Aging of EGR Cooler in Non-Road Diesel Engine", Journal of the Korean Society for Power System Engineering, Vol. 20, No. 5, pp. 37~45.
- [3] S. I. Hong, 2015, "Automotive Engine Performance Analysis of antifreeze content and water type", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 16, No. 3, pp. 1594~1595.
- [4] I. T. Kim, H. J. Kim, S. H. Lee and J. I. Won, 2005, "Latest car maintenance engineering", Golden-Bell a publishing house, pp. 72~88.
- [5] J. S. Lee and I. M. Son, 2009, "Failure Forecasting Technology of Electronic Control System Using Automobile Input/Output Signal Detection", Journal of the Korean Society for Power System Engineering, Vol. 13, No. 1, pp. 59~64.
- [6] M. B. Kim, 2006, "Motor vehicle sensor", Golden-Bell a publishing house, pp. 43~45.
- [7] E. P. Lee, 2019, "Analysis of a Car Fire Caused by a Coolant Leak", Transactions of KSAE, Vol. 27, No. 3, pp. 185~191.

- [8] K. H. Choi, B. H. Kim and K. H. Kim, 1996, "An Analysis of Performance and Cavitation Characteristics of the water pump in automobile Cooling system", The Kyung Hee J. of Laser Engineering, Vol. 7, pp. 90~91.
- [9] P. S. Kim, T. S. Baek and Y. M. Ahn, 2002, "Waveform analysis technique", Golden-Bell a publishing house, pp. 282~285.
- [10] H. S. Yong, 2013, "Automobile engine", Human Resources Development Service of Korea, pp. 80~91.
- [11] I. P. Hong, 1996, "Study on tyhe Optimum Cooling Condition for an Autumotive Engine". Kyung Hee University Graduate School of Industrial Information.
- [12] W. K. Hong, 2007, "SFault Signal Analysis of the Automotive Components using Experimental Method". Hanyang University Graduate School of Engineering.
- [13] D. O. Jung, 2017, "Study on Automotive Engine Fault Diagnoses Method from Analysis of it'vs Exhaust Gas". Kyungnam Science and Technology University Graduate School of Industrial Welfare.
- [14] D. C. Han and M. R. Cho, 1988, "Friction Characteristics of Direct Acting Type OHC Valve Train System," J. KSTLE, Vol. 14, No. 1.
- [15] M. R. Cho., D. Y. Oh and D. C. Han, 2002, "The Problem of Engine Friction Test by Strip Down Method," A. of KSME, Vol. 26, No. 11.

- [16] J. Choi, 1997, "Design Techniques of Lubricating System for Ultra Low Fuel Consumption Engines," Workshop of Gasoline Engines, Diesel Engines, Fuels & Lubricants Activities.
- [17] S. Kim, Y. Kim, H. Joung, W. Jeon, J. Jeong and S. Jeong, 2017, "Application of Graphene Platelets on Electronic Controlled Thermostat of TGDI Engine for Improving Thermal Sensitivity," Transactions of KSAE, Vol. 25, No. 1.
- [18] W. Cho, H. Kim and K. Lee, 2009, "An Experimental Study on the Improvement of Fuel Economy according to Coolant and Oil Temperature," Transactions of KSAE, Vol. 17, No. 1.
- [19] S. B. Kwak, N. S. Choi, B. S. Kang and S. M. Shin, 2005, "Reliability Analysis and Failure Mechanisms of Coolant Rubber Hose Materials for Automotive Radiator," Transactions of KSAE, Vol. 13, No. 5.
- [20] P. H. Lee, E. H. Lee, 2016, "Life and environment" Korea Telecom University Press and Culture Center
- [21] S. H. Kim, 2009, "A Study on the Emission Reduction Measures of Petrol Institutions" A thesis on a master's degree at Kangwon National University.
- [22] Y. S. Jeon, 2014, "An Experimental Study on the Reduction Characteristics of Emission Gas by Simulation of Transfer Metal Alternate in a Gas Turbulent System" A thesis on a master's degree at Kookmin University.

- [23] G. H. Song, 2006, “A Study on the Vehicle Faults by Analyzing the Amount of Emissions and Pollutants in Cars” A dissertation on a master’s degree at Chonnam National University.
- [24] W. J. Jo, 2017, “A Study on the Cooling Characteristics of the Cooling System Components in a Gasoline Engine” Hanyang University Graduate School.
- [25] Kwang–Yeon Kim, 2012, “Eco–Friendly Technology for Improving Fuel Economy”, Auto Journal 2012. 1, KSAE.
- [26] Wonjoon Cho, Kyungwook Choi, Hyungik Kim, Kihyung Lee, 2006, “A Feasibility Study of Zero Coolant Strategy during Engine Warm–up Period”, 2006 KSAE Spring Annual Conference.
- [27] Y. G. Kim, 2004, “A Study on the Engine Performance with Variation of Coolant Temperature”, Wonkwang University Graduate School of Education.
- [28] T. Y. Ryu, S. Y. Sin, 2003, “A Study on the Engine Dynamo System Manual”, A dissertation on the engineering history of Wonkwang University.
- [29] Y. C. Yun, G. R. Gwon, 1997, “A Study on the Cylinder Temperature Characteristics of Petrol Engine”, KSAE.
- [30] S. S. Hong, 2000, “An Experimental Study on the Characteristics of Gasoline Tube with Various Coolant Temperature Research”, A thesis for a master’s degree at Jeju National University.

- [31] S. I. Hong, 2009, “Effect of antifreeze concentration to exhaust gas in engine coolant”, Chosun University Graduate School.
- [32] H. J. Kang, 2006, “A Study on the Method of Maintenance Using the Detailed Inspection and Analysis of Exhaust Gas in Operating Vehicles”, Graduate School of Industrial Science and Technology.

감사의 글

2018년 봄 처음 대학원에 들어온 날이 어제 같은데 논문을 마무리하는 지금 2년 반이라는 시간이 짧게만 느껴집니다. 저의 부족한 석사학위 논문이 쓰여지기까지 많은 분들의 도움으로 이루어 졌기에 도움을 주신 모든 분들께 감사의 마음을 전합니다.

이 논문을 완성하기까지 끊임없이 지도하고 격려를 주신 정지현 지도교수님께 깊은 감사를 드리며, 항상 관심을 가지고 본 연구를 돌봐주신 현명택 교수님, 정동원 교수님, 강창남 교수님, 박윤철 교수님께도 감사합니다. 또한 본 실험을 끝까지 도와주신 한국폴리텍대학 제주캠퍼스 홍성찬 교수님, 이봉길 교수님, 홍상범 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

어려움 속에서도 이 논문이 있기까지 늘 기도와 용기를 북돋아준 사랑하는 아내 경옥에게도 고마움을 전하며, 특히 많은 시간 함께 해주지 못한 사랑하는 딸 혜영이와 기쁨을 함께하고자 합니다.

끝으로 늦은 대학원 진학에 물심양면으로 도와주시고 기도해주신 부모님과 장인, 장모님께도 감사를 드리며 이 논문이 작은 보답이 되었으면 합니다.

다시 한번 모든 분들께 진심으로 감사를 드립니다.

2020년 6월

문 종 철