ISSN: 1226-7244 (Print)
ISSN: 2288-243X (Online)
논문번호 14-02-01

j.inst.Korean.electr.electron.eng.Vol.18,No.2,179~184,June 2014
http://dx.doi.org/10.7471/ikeee.2014.18.2.179

디젤차량용 연료히터의 활성화분석용 데이터 모니터링 장치

Data Monitoring System for Activation Analysis Based on Fuel Heater of Diesel Cars

이 보 희*, 손 병 민*, 조 상**, 윤 달 환**★

Bo-Hee Lee*, Byong-Min Son*, Xiang Zhao**, Dal-Hwan Yoon**★

Abstract

In this paper, we have developed a data monitoring system for activation analysis based on fuel heater of diesel cars. The light oil of diesel engine below a constant temperature be changed to the waxing materials of a semisolid status like a paraffin, and then it may not start. In order to evaluate an engine activation performance, we suggest an engine start time with an change between an extremely low temperature and high temperature, a delay time goes with heater resistor and current and pressure. So, we have developed sensor module system that can obtain the operational status data between fuel line and fuel heater, and evaluate the performance of fuel heater through monitoring of a temperature and pressure. Finally, we can gather the temperature and pressure data of this system with mobile terminal, remotely and propose an utility of this system that can find problems of fuel heater through measured data.

요 약

겨울철 저온환경에서 디젤 엔진의 점화를 지원하는 통합형연료히터의 활성화분석용 데이터 모니터링 장치를 개발한다. 디젤엔진의 연료인 경유는 일정한 온도 이하로 내려가면 파라핀과 같은 반고체 상태인 왁싱(Waxing)물질을 형성하여 엔진시동이 잘 걸리지 않는다. 이러한 엔진점화의 시동성능 평가에 중요한 요소로 극저온에서 극고온 사이 온도변화에 따른 엔진점화 시간, 히터 저항과 전류에 따른 지연시간 및 유압 등이 있다. 따라서 연료라인과 연료 히터간 활성화 동작을 분석하기 위해 센서 장치를 개발하고, 온도 및 압력 데이터를 모니터링하여 연료히터의 성능을 측정한다. 연료히터 연료라인의 온도와 압력에서 측정된 데이터는 모바일 기기를 사용하여 원격으로 데이터를 수집하고, 데이터 분석을 통해 연료히터의 문제점을 찾을 수 있는 장치의 유용성을 제시한다.

Key words : diesel fuel line, fuel heater, temperature, pressure measurement, mobile terminal

Ⅰ. 서론

초기 디젤엔진은 마력당 중량, 초기비용, 대기오염 물질과 냄새의 방출, 작동소음이나 진동이 큰 이유로 승용차에 사용하기 어려웠다. 이후 CRDI(Common Rail Direct Injector) 엔진과 같은 분사 시스템 기술 개발이 이루어져 불완전 연소가 거의 없고, 소음과 진동은 상당부분 개선되었다.

그러나 디젤엔진에 사용하는 경유는 겨울철 저온환경에서 반고체화 현상이 발생하여 시동 불량이 빈번히 일어난다. 이런 현상은 디젤연료의 파라핀성분 때문에 온도가 내려가면서 반고체 상태인 왁싱 물질이 형성 되어 연료의 흐름을 방해하게 된다[1].

최근 직접분사식 디젤 자동차는 시동초기 원활한 연료공급을 위해 연료가 일정 온도 이하로 내려가면 공급연료를 가열하여 연료필터 내에 왁스 성분을 제거하고, 연료공급차

*Dept. of Electrical Engineering, Semyung University.
**★Dept. of Electronics Engineering, Semyung University, yoondh@semyung.ac.kr, 043-649-1308
※ Acknowledgment
This paper was supported by the Semyung University research grant of 2013
Manuscript received Apr. 30, 2014; revised May. 24 ,2014 ; accepted May. 26. 2014

단을 방지할 수 있도록 블록히터를 개발하였다[2]. 블록히터는 4개의 세라믹 P.T.C 소자, 상하 알루미늄 플레이트와 바이메탈로 구성되었고, 전원이 가해졌을 때 히터 전항과 전류에 의한 바이메탈 동작을 분석함으로써 동작 특성이 분석되었다[3].

블록히터와 연료필터와 결합된 통합연료히터는 저온상태에서 디젤 연료 유동성에 따라 미치는 영향을 파악해야 한다[4]. 실제로 통합연료히터가 유량라인과 결합되어 차량에 장착되면 다양한 가변환경이 존재하게 되고, 연료필터 전후단에 압력 차이와 유량간 상관관계를 파악해야 한다.

본 논문에서는 통합연료히터에 유압라인을 연결하고, 온도 및 유압에 따라 통합연료히터의 활성화 특성을 분석하는 시스템을 개발한다. 장착된 통합연료필터의 성능을 확인하기 위하여 특수한 접속지그와 입출력부의 온도와 압력을 측정하는 센서인터페이스 모듈, 데이터를 무선으로 전송하는 무선모듈장치, 무선 모바일을 통해 데이터를 모으고 분석하는 모니터링 시스템 등을 제안한다. 특히 연료의 압력과 온도를 측정하기 위해 연료 라인에 온도 센서와 압력센서를 배치하여 실차에 부착되는 지그를 설계하였으며, 이를 무선을 통해 원격으로 제어, 처리 및 분석하는 구조를 제안한다.

II. 데이터 성능평가 장치 구현

그림 1은 저온유동성 시험장치 하드웨어 구성도를 나타낸다[4]. 경유자동차 CRDI 연료분사장치를 기반으로 연료 탱크내 연료펌프 공급압력을 유지하고 연료이송 중 간섭이 없도록 실차 연료호스와 동일한 직경으로 구현한다. 실차 연료필터 전후단과 연료탱크 회수라인에 T-Type 열전대를 각각 구성하고, 연료필터 전후에 0~1 MPa ±1% 압력계를 설치한다. 또한 실차 고압펌프로 유입되는 연료량과 연료탱크로 회수되는 연료량을 측정할 수 있는 유량계와 연료탱크 내의 연료 온도를 측정할 수 있도록 T-Type 열전대를 구성한다. 설치된 압력과 유량센서는 데이터수집장치

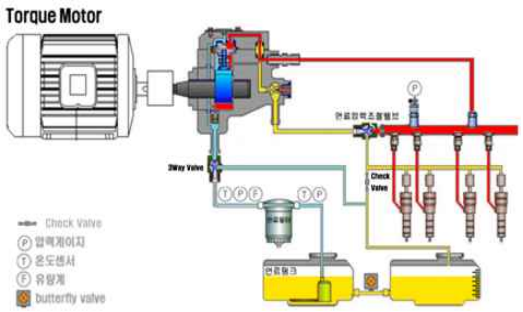


Fig. 1.. The low temperature fluidity test equipment
그림 1. 저온 유동성 시험 장치 구성도

(DAQ)에 신호전달이 가능하도록 1~5 V 출력범위로 송신한다.

그림 2는 통합형 연료히터의 조립모양이다. 연료의 입출력 라인과 연료의 온도를 감지하는 온도센서가 있는 Header 접속부, 연료의 온도를 상승시키는 세라믹 PTC 소자 4개가 있는 연료히터, 연료의 불순물을 여과시키는 연료필터, 여과재로부터 걸러진 수분이 일정량 이상 일 경우 수분을 배출하라는 신호를 감지하여 주는 수분센서로 구성되어 있다. 여기서 세라믹 PTC는 써미스터중에서 온도가 상승함에 따라 저항이 정(正)으로 상승하는 특성을 이용하여 전류를 제어하는 레지스터이다. 현재 승용디젤 차량용 및 S.U.V (Sport Utility Vehicle)용에는 65Watt정도의 발열량을 지닌 P.T.C 4개를 주로 사용하고, 고압펌프의 정격유량은 60 l/min 정도이다. 공급되는 전원은 12 V로 승용차, SUV 및 적재중량이 0.5톤 소형화물 차량용 엔진에 적용하고 있다[5].

Fig. 2. Design diagram of composited fuel heater
그림 2. 통합형 연료필터 조립도

그림 3은 통합형 연료히터의 연료 입출력 라인에 연결된 센서를 통하여 수집된 데이터를 마이크로프로세서에서 처리할 수 있도록 한 연료라인 데이터 수집장치 블록도이다. 마이크로프로세서 ATmega128과 온도센서 PT100Ω을 이용하여 브릿지회로를 설계하고, 미세신호를 센싱하여 증폭기로 증폭한 후 마이크

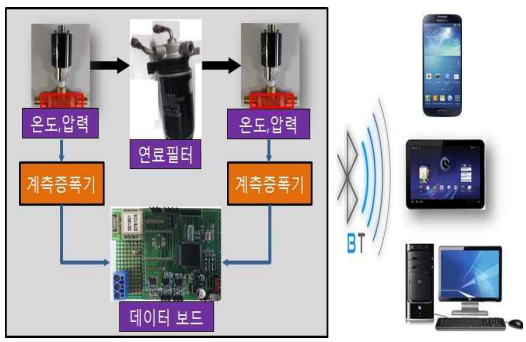


Fig. 3. Data gathering system of oil line
그림 3. 연료라인 데이터 수집장치

로프로세서로 데이터를 송신하게 설계한다. 압력센서는 최대 5 Bar까지 측정할 수 있으며, 0.5 ~ 5(V) 범위의 전압 출력을 사용한다. 압력센서의 출력을 측정하기 위하여 연산증폭기(LM358)를 사용하고 마이크로프로세서에 내장된 ADC포트를 사용하여 데이터를 추출한다. 측정된 데이터는 블루투스를 통하여 원격으로 태블릿 혹은 스마트폰을 활용하여 무선으로 전송받아 센서의 값을 실시간으로 확인 할 수 있게 설계한다. 이때 태블릿에 수신된 데이터는 파일로 저장하여 분석할 수 있게 한다.

그림 4는 연료라인 데이터를 수집할 수 있도록 설계된 보드를 나타낸다. 보드의 센서부는 커넥터로 쉽게 연결 할 수 있도록 단자대 및 핀헤더를 이용한다.

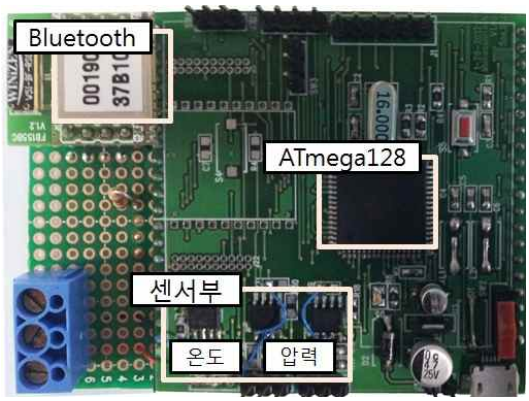


Fig. 4. Data gathering device of oil line
그림 4. 연료라인 데이터 수집장치

그림 5는 지그를 만들 때 사용된 온도센서와 연료용 호스 및 압력센서를 나타낸다. 실차 연료 필터의 연료처리 상태를 측정하기 위해서 연료 라인과 연동하여 동작하는 센서 부착 지그 및 접속 방식을 설계해야 한다.

Fig. 5. Temperature sensor, Horse for fuel, pressor sensor
그림 5. 온도센서, 연료용 호스, 압력센서

지그는 실제 연료 라인과 쉽게 접속할 수 있는 유연성이 있는 일반 호스를 사용하고, 연료가 흐르면 부식의 우려가 있기 때문에 연료용 고무호스를 사용한다. 그리고 연료필터의 가장 가까운 부분에 온도센서와 압력센서를 설치한다. 온도센서는 미래테크의 MR-3190을 사용하고 압력센서는 센서시스템기술의 PSCB0005BCPG를 사용한다.

그림 6은 완성된 지그와 실차에 장착된 모습을 보여준다.

(a)완성된 지그

(b)연료필터 (c)지그 장착

Fig. 6. Jig design and it's application
그림 6. 지그 개발과 실차량 적용

각각의 부품들은 호스닛쁠과 클램프, T소켓 등으로 연결하며, 온도센서는 접촉식이므로 온도 변화에 민감한 동파이프를 활용하여 접착시킨다.

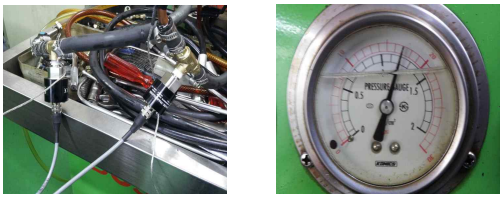
III. 실험 및 시뮬레이션

1. 계측 채널 선정

실험은 실차와 동일한 기능을 수행하는 엔진의 인젝터 실험용 장치에 장착하여 실험을 한다. 그림 7은 실험장치에 지그를 장착한 모습을 나타낸다.

통합연료히터 전후단을 중심으로 온도, 압력, 유량센서를 설치한다. 연료공급장치 지그에 설치한 센서는 표 1과 같고 주변온도와 연료 필터내에 장착되어 있는 블록히터의 열원이 유동성에 미치는 영향을 확인하기 위해 연료필터 전후단에 열전대를 설치한다. 저온유동성과 직접적인 상관성이 있을 것으로 예상하는 연료필터 전후단 압력차와 필터를 통과한 유량을 측정하기 위해 압력센서 2채널, 유량센서 1채널을 설치하고, 블록히터 소비전력과 고압펌프 작동에 의한 레일압력 및 회전수를 측정한다. 주변온도는 시험온도 ± 1℃에서 유지하고, 데이터계측주기는 10Hz로 설정한다.

(a)엔진 인젝터 실험용 장치



b)지그의 압력센서 ©압력게이지

Fig. 7. Experimental device for engine injector
그림 7. 엔진 인젝터용 실험장치

Table 1. Measuring Channels of Test JIG
표 1. 시험지그 측정 채널

구분	사양	위치
온도	T-Type T/C, 3개소	주변온도, 연료필터입구, 출구
압력	0 ~ 2000 bar, ±0.25% FS	고압펌프 출구
	0 ~ 10bar 2개소, ±0.25% FS	연료필터 입구 연료필터 출구
유량	15 ~ 200 lph, 펄스출력	연료필터 출구

2. 알고리즘 제안 및 실험

본 시험에 사용연료는 동절기 시판제품으로 저온유동성관련 물성분석 결과는 표 2와 같다.

Table 2. Cold Flow Properties of Test Fuel
표 2. 시험연료의 냉류특성

항목	분석방법 (ASTM)	측정결과	품질기준
담점 (CP), ℃	D 2500	-8	-
유동점 (PP) , ℃	D 97	-35.0	-17.5 이하
저온필터막힘점 (CFPP)℃	D 6371	-27.0	-18 이하

그림 8에서 시험준비 연료는 국내 경유 품질관리 기준에 적합한 연료를 사용하고, 시험연료의 장기간 저장에 따른 적층분리가 발생하지 않아야 한다. 저온유

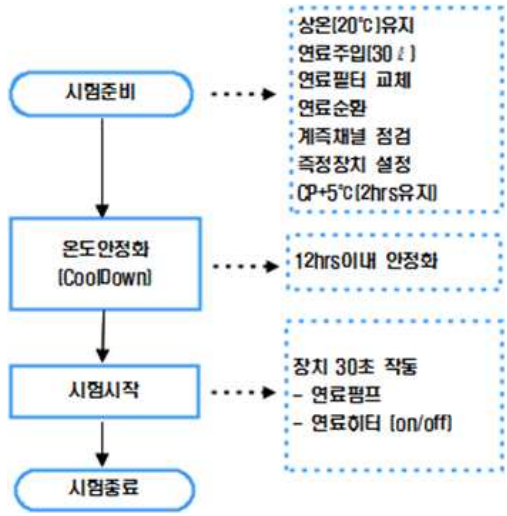


Fig. 8. Cold flow evaluation test procedure
그림 8. 냉류 평가시험절차

동성 시험방법은 CEC-M-11-T-91[6]과 CRC Project No. DP-2-04[7] 저온시동성 평가절차에서 단품시험을 감안하여 시험절차 중 해당 사항만을 준용하고 시험에 필요한 절차는 일부 보완한다.

그림 9는 실험한 압력센서의 데이터를 태블릿에서 수신하여 텍스트로 저장한 데이터를 GUI(Graphic User Interface)를 활용하여 시간에 따른 압력을 그래프로 나타낸 것이다. 1.2 bar는 실험장치의 평상시 상태이다. 그리고 1.9 bar와 0.9 bar는 압력을 조정할 수 있는 다이얼을 돌려 데이터가 실시간으로 변환되는 것을 확인한다. 이것은 실제 장치의 압력 게이지가 표시하는 값과 비교하여 일치하는 것을 확인한다.

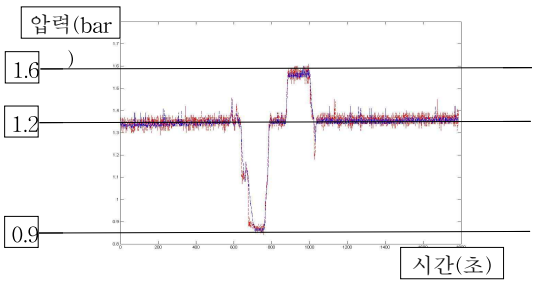


Fig. 9 Data graphic of pressure sensor
그림 9. 압력센서 데이터 그래프

그림 10은 온도센서를 실험하기 위하여 초기형 쏘렌토 연료필터에 간이지그를 장착한 것을 나타낸다. 엔

진의 온도가 이미 다 상승하였기 때문에 출력부에만 지그를 장착하고 실험하였다.

(a)연료필터 (b)실차에 장착된 지그

Fig. 10. Temperature sensor experiment
그림 10. 온도센서 실험

그림 11은 태블릿에 수신된 데이터를 텍스트로 저장하고 이것을 S/W을 활용하여 시간에 따른 온도를 그래프로 나타낸 것이다. 평균온도는 34(℃)이며 ±1(℃)의 온도변화를 보인다.

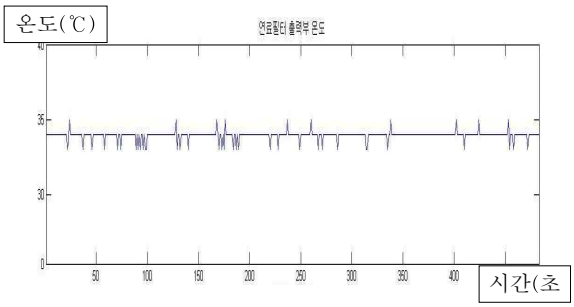


Fig. 11. Data graphic of temperature sensor
그림 11. 온도센서 데이터 그래프

그림 12는 온도와 압력 데이터값이 연료라인 데이터 수집 장치에 의하여 블루투스를 통해 무선으로 태블릿에 수신된 것을 보여준다.

Fig. 12 Received data at tablet
그림 12. 태블릿에 수신된 데이터

Ⅳ. 결론

본 연구에서 디젤 엔진의 점화를 지원하는 통합형 연료히터의 활성화분석용 데이터 모니터랑 장치를 개발하였다. 실차에 적용하여 연료라인과 연료히터간 활성화 동작을 분석하기 위해 센서 장치를 개발하고, 온도 및 압력 데이터를 모니터링하여 연료히터의 성능을 측정하였다. 연료히터 연료라인의 온도와 압력에서 측정된 데이터는 모바일 기기를 사용하여 원격으로 데이터를 수집하고, 데이터 분석을 통해 연료히터의 문제점을 찾아 장치의 효용성을 제시하였다.

자동차 연료공급시스템의 연료분사장치지그를 통해 연료필터에 왁스침적에 따른 유량과 압력변화를 평가할 수 있었다. 특히, 경유자동차 연료공급 장치의 경우 온도안정화를 위한 냉각속도는 왁스침적시간 증가로 인해 저온유동성에 영향을 발견 후 개선하였다.

또한, 온도가 낮을수록 연료필터 전후단 압력차가는 증가하고 유량이 감소하지만 연료히터작동으로 저온유동성이 개선된다.

References

[1] Dal-Hwan Yoon, “Implementation of Fuel Heater and Performance Evaluation for Diesel Cars", KAIS,, Vo.19, No.13, 2012

[2] Jeong-Hwa Lee, “A Study on Low Temperature Fluidity Evaluation Method of Light Oil Cars", 2013 KSAE Conference, pp.317-322, 2013

[3] D. H. Yoon & W. H. Han, "Development of Composited Fuel Heater and Performance Evaluation System", Techanical Report, 2013

[4] Jeong-Hwa Lee, et. al, "Low Temperature Fluidity Performance Evaluation of Composited Package Fuel Heater for Diesel Cars", IKEEE, Vol.18, No.1, pp.45 ~ 55, Mar. 2014

[5] Y. C. Kim, N. S. Seung, G. S. Jin, H. T. Cho "Investigation of High Voltage PTC Heter for Cars," Proceedings of KSAE, pp.560 - 564, 2011. 05

[6] CEC M-11-T-91 *“Cold Weather Performance Test Procedure for Diesel Vehicles”*, CEC, 1991

[7] CRC Project No DP-2-04 *"Test Protocol for the Evaluation of low temperature operability prediction tests for light duty diesel vehicles for North America"*, 2005

BIOGRAPHY

Lee Bo-Hee (Member)

1985 : BS degree in Electronic Engineering, Inha University
1984.12-1987: Researcher in Communication Research Center, Samsung Electronics Co.
1990-1996 : MS and PhD deg. in Automation Eng., Inha Univ.
1997.3 ~ Professor in Electrical Engineering of Semyung Univ.
Main Research Area: Control Engineering, Automation, Embedded System

Son Byong-Min(Student Member)

2013.2 : BS degree in Electrical Engineering, Semyung University.
2013.3 ~ current : MS course of Electrical and Electronic Engineering, Semyung University.
Main Research : Automatic Control, Embedded System.
Main : Control Engineering, Automation, Embedded System

Zhao Xiang (Student Member)

2013.8 : BS degree in Electrical Engineering, Semyung University.
2013.3 ~ current : MS course of Electrical and Electronic Engineering, Semyung University.
2014. 04 ~ current : AnyWood Co. Ltd. Research & Development Institute, Researcher
Main : Communication and Signal Processing,

Yoon Dal-Hwan (Member)

1984 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University
1986 : MS degree in Electronic Engineering, Hanyang University
1994 : PhD degree in Electronic Engineering, Hanyang University
1987. 7 ~ 1994. 6 : Professor in Electronic Engineering, Korea Millitary Academy. 2005. 7 ~ 2009. 2 : President of HIWIN Co. Ltd. 1995. 3 ~ Professor in Electronic Engineering, SeMyung University
Main : Communication and Signal Processing, Medical Signal Processing, LED&IT Convergence , Fuel Heater & Test System for Cars, Plants.