

저온유동성시험기를 이용한 2-핀용 센서통합연료히터의 특성연구

Characteristics Analysis of 2-pin Sensor Composited Fuel Heater using the Low Temperature Fluidity

조 상*, 윤 달 환*

Zhao Xiang*, Dal-Hwan Yoon*

Abstract

In this paper, we have developed sensor composited heater of 2-pin, and unified the fuel filter. In order to evaluate the performance of the 2-pin sensor composited fuel heater, we have make of the low temperature fluidity system. The one measure and analysis the electrical and oil flow quantity characteristics at an input and out port of 2-pin sensor composited fuel heater. Especially, in the characteristics verification elements of the proposed goods, we use the test chamber for the temperature variable and oil flow quantity test, and designed an embedded system for interfacing an engine. By interfacing both user and the system, it support an experimental and date gathering function in 2-pin sensor composited fuel filter. And then test the temperature, oil pressure, electrical characteristics and oil flow quantity in variable status from - 30 °C to + 80 °C. These can help us to determine the quality and performance of elementary goods.

요 약

본 논문은 2-핀 센서통합연료히터를 개발하고, IT기반의 저온유동성 신호분석 장치를 이용하여 성능을 평가한다. 2-핀 센서통합연료히터의 성능평가는 차량과 동일 환경으로 차량 오일의 유량(Oil flow quantity), 히터에 공급되는 전기적 특성을 측정 및 분석한다. 측정된 데이터는 신호분석 임베디드 회로로 전송하고, 원격에서 사용자들이 웹 브라우저를 이용하여 연료 필터의 동작 상태 및 성능을 분석하고 평가한다. 실차에 장착한 후 센서통합연료히터를 검증하기 위하여 온도를 가변 할 수 있는 엔진시험 챔버에서 통합연료히터를 구동시킴으로써 주행 효과를 얻도록 하였고, 엔진의 연료필터 입출력 측에 실험 지그와 데이터 수집 장치를 설치하여 극저온 상황에서 연료필터 입출력 측 연료필터의 온도, 오일주입 능력, 유량 데이터 및 엔진시동의 발화점 등을 평가한다. 이처럼 2-핀 센서히터와 연료필터를 통합한 2-핀 센서통합연료히터 부품의 초기 발화시점, 전기적 특성 및 유량의 입출력 압력 등 차량과 유사한 환경에서 부품의 동작을 파악하고 분석함으로써 제품의 신뢰성을 높인다.

Key words : sensor composited fuel heater, 2-pin heater, low temperature fluidity, oil flow quantity, electrical characteristics, characteristic monitoring

* Dept. of Electronics Engineering, Semyung University

★ Corresponding author

E-mail : yoon dh@semyung.ac.kr, Tel : +82-43-649-1308

※ Acknowledgment

This paper was supported by the Semyung University research grant of 2019

Manuscript received Dec. 3, 2019; revised Dec. 23, 2019; accepted, Dec. 26, 2019.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

한반도를 중심으로 북반구까지 경유자동차를 사용하는 나라들은 미세먼지를 비롯하여 대기환경오염이 심각한 사회 문제로 대두되고 있다.

경유자동차의 엔진은 흡입한 공기에 높은 압축비로 경유를 분사하여 출력을 발생시키며, 연료통에서 연소실까지 연료공급이 엔진시동에 중요한 역할을 한다. 경유연료는 파라핀계 탄화수소가 거의 50%를 차지하며, 온도가 내려가면 연료의 유동성과 시동성을 저해한다. 이러한 유동성과 시동성을 증대시키기 위한 방법으로 첨가제 개발, 연료 필터 장착, 결정화 시간지연을 위한 여과면적 증대 등이 연구되었다[1].

따라서 겨울철 디젤자동차의 시동성을 예측하는 지표로 필터 막힘점(CFPP*), 유동점(PP*) 등을 사용하여 차량의 저온 시동성을 평가하는데 중요한 역할을 한다[2]. 이에 IT기반의 저온 유동성 신호분석 장치 및 전기적 특성 평가 모니터링 알고리즘 개발이 필요하다[3].

본 연구에서는 IT기반의 저온유동성 신호분석 장치를 구현하여 센서통합연료히터의 동작특성을 분석하고, 이를 위한 모니터링 시험절차를 개발함으로써, 차량의 저온시동성능과 관련 인자 지표를 통해 차량부품의 신뢰성 확보에 기여한다.

II. IT 기반의 저온 유동성장치 구현

그림 1은 자동차의 2.0ℓ CRDI 엔진의 연료탱크 주변[4]에서 데이터 획득을 위한 GUI(Graphic User Interface)를 설계한다.

각 기능을 대상으로 연료탱크 압력 및 유량흐름, 연료필터 수행능력을 평가하기 위한 센서 위치 선정 및 실제 자동차부품을 사용하여 동작시킨다.

유동발생(터짐 시간)은 200초 이내, 유동발생 시점은 연료히터의 입구와 출구 온도차이 6℃, 초기 시험 설정유량은 1.0 l/m이고 시험유량은 60 l/H로 등유를 사용하며, 냉각시간(Cooling Time)은 초기 -23℃에서 온도상승 조건 1℃/min로 24~27시간 유동량을 체크한다. 최대 발열량은 시험전압 13V

* CFPP : Cold Filter Plugging Point
 † PP : Pour Point



Fig. 1. Monitoring for data setting condition.
 그림 1. 데이터 설정 모니터링

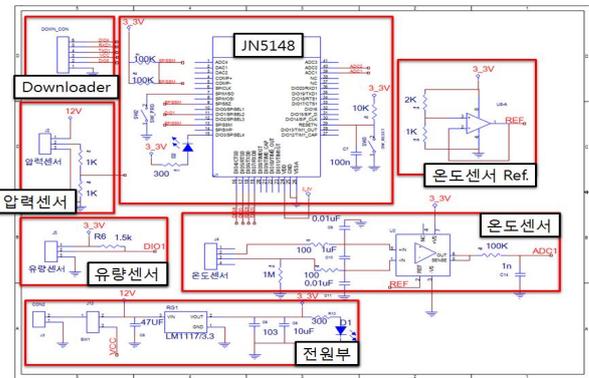


Fig. 2. Data acquisition board.
 그림 2. 데이터 수집 회로도

에서 260 W(-10%~+5%)를 갖도록 한다[5].

그림 2는 각 지점의 데이터를 획득하기 위하여 각종 센서와 마이크로프로세서 JN5148, 데이터 통

Table 1. Specification of LTFT.

표 1. LTFT 규격

Name	Model	Specification
Power		380 V, 3-Phase
Size		1,800x1458x1880
Material	Outer	SS41 coating
	Inner	SUS304
elements	Moter/Pump	1.5 kW, 6P, 1150rpm
	Inverter	2P, 1.5kW, 3kVA, 4A
	Frequency	Max 400 Hz/50~60 Hz
	Indicator	DC24V, 100 mA, RS485
	Solenoid Valve	DC24V, 2~80Kg, -100~80℃
	Pressure Sensor	DC10~30V, 4~20mA, ~50Bar
	Flow quantity S	0.5~25Kg/min, 4~20mA
Temperature S	PT100	

신을 위한 라우터(Router) 등으로 임베디드 시스템을 구성한 회로이다. 이때 계측 데이터를 얻기 위해 온도, 압력, 유량 센서 등을 사용한다[4].

표 1은 저온유동성 시험기(Low Temperature Fluidity Tester, LTFT)의 규격을 나타낸다.

그림 3은 표 1을 기반으로 센서통합연료히터를 모니터링하고 측정하기 위한 저온유동성 시험장치를 나타낸다.

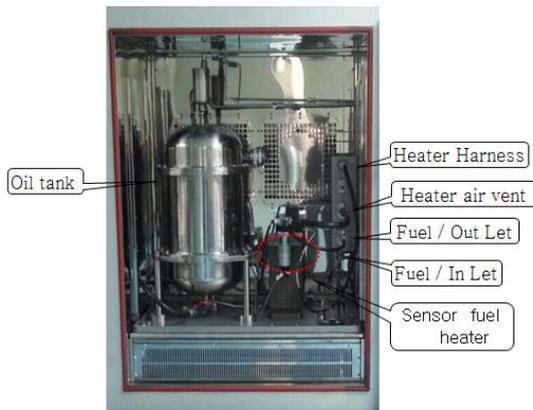


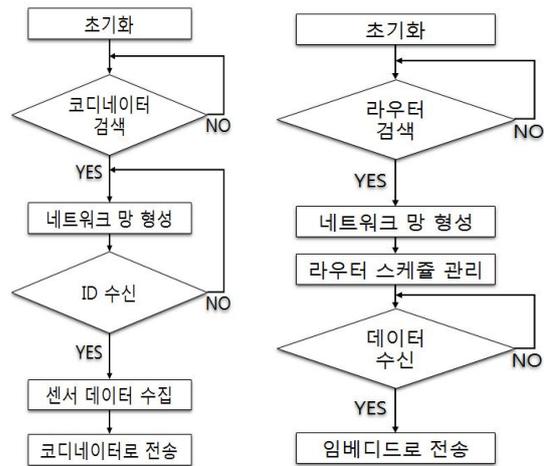
Fig. 3. Low temperature fluidity tester.
그림 3. 저온 유동성 시험기

전체 프로그램의 형태는 데이터 수집 프로그램과 송신 프로그램으로 나눈다. 데이터 수집 프로그램은 센서의 데이터를 받아 동작하는 라우터 프로그램으로 센서의 데이터를 수집하여 코디네이터로 송신하는 기능을 하며, 데이터 수신 코디네이터는 라우터의 데이터 송신 주기를 관리 및 수신하고, 수신된 데이터는 RS232를 통하여 임베디드 시스템으로 송신한다[5].

다중비율(Multirate) 기술을 이용하는 센서데이터를 정수인자 M으로 신호 $x(n)$ 을 비율확장기에서 입력샘플 데이터에 따라 (L-1)개 zero-value를 삽입한다. 이때 $x(n)$ 의 각 입력 샘플에 대하여 $y(m)$ 의 L개 샘플을 가지며, 입력 샘플링 주파수는 $F_s \rightarrow LF_s$ 로 증가한다. 마지막으로 각 입력 샘플에 (L-1)개 zero-value를 삽입하면, L개 출력 샘플을 통해 에너지가 퍼지게 된다. 따라서 보간기는 1/L의 이득을 갖게 되고, 출력 샘플은 L로 곱해진다. 이 관계식은 식(1)과 같다.

$$w(m-k) = x\left[\frac{m-k}{L}\right], m-k = 0, L, 2L, \dots \quad (1)$$

그림 4는 데이터 수신 코디네이터와 라우터 프로그램의 흐름도를 나타낸다. 먼저 라우터와 네트워크가 형성되면, 각 센서당 500 ms 주기로 수신 스케줄 관리 ID를 보내게 된다. 코디네이터 프로그램은 타이머를 활용하여 라우터 스케줄을 관리하고, 센서 데이터를 수신하여 임베디드 시스템으로 송신한다. 프로그램은 API함수를 이용하여 타이머 0을 설정하고, 타이머 프리스케일은 10으로 한다.



(a) 코디네이터 흐름도 (b) 라우터 흐름도

Fig. 4. Flow chart of coordinator and router.
그림 4. 코디네이터와 라우터 플로우차트

라우터 타이머 주기는 500 ms로 하여 각 센서 데이터 수집 주기를 관리한다. 라우터는 코디네이터에서 수신된 ID를 통하여 센서 데이터를 수집하고 코디네이터로 명령을 재송신 한다. 온도 센서와 압력 센서의 ADC데이터는 10비트를 사용하고, 아날로그 센서 값의 ADC를 mV전압으로 출력하기 위하여 아래 프로그램을 사용한다.

```

PRIVATE void vTimerConfig(void)
{
    vAHL_TimerEnable(E_AHL_TIMER_0, 10, FALSE, TRUE, FALSE);
    vAHL_TimerClockSelect(E_AHL_TIMER_0, FALSE, TRUE);
    uint16 count_1 = 15625/2;
    vAHL_TimerStartRepeat(E_AHL_TIMER_0, count_1/2, count_1);
    vAHL_Timer0RegisterCallback(vTimer0Callback);
PRIVATE void vTimer0Callback(uint32 u32Deviceld, uint32 u32ItemBitmap)
    if (u8AHL_TimerFired(E_AHL_TIMER_0) != 0)
    { vSensor_Tick(); }
}
    
```

여기서 ADC의 분해능을 10bit로 사용하기 위해 2^{10} 으로 나누고, 최대 출력 값이 2.4V이다. 온도 센서용 계측 증폭기의 출력은 5 mV 당 1°C로 표현하고, 오프셋(Off-set) 전압은 1.1V로 설정한다. 마이크로프로세서에서 유량 센서의 펄스를 통하여 1μ당 360개 펄스가 계측되며, 시간당 10~300μ를 계측한다. 임베디드 시스템의 43Byte데이터를 외부 서버로 전송하고, 초기 0x3A에서 0x0D와 0x0A로 마지막 크기를 사용한다.

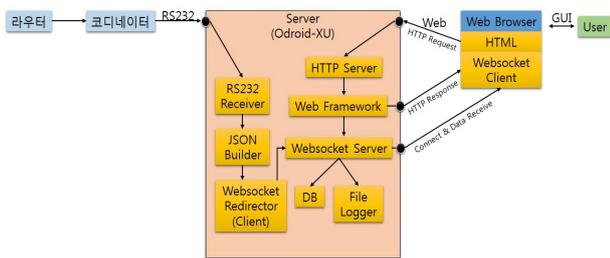


Fig. 5. Data flow diagram.
그림 5. 데이터 흐름도

그림 5는 계측 데이터가 사용자에게 표시되기까지 전체 데이터 흐름이다. 웹 서버 구조는 리눅스 기반의 Hard kernel Odroid-XU와 Ubuntu 14.04 OS로 사용자 환경을 구축하고, 데이터 수집 및 임베디드 회로와 사용자가 데이터 분석 및 저장을 할 수 있도록 모니터링을 구성한다.

그림 6은 그래프 기록과 엑셀 저장 버튼을 누르면 그래프와 위치별 측정값에 표시되는 값들을 저장한다.

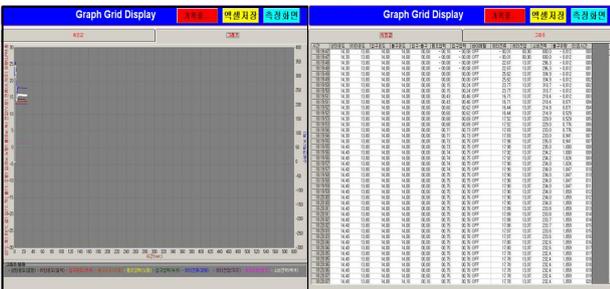


Fig. 6. Graphic display monitor.
그림 6. 그래프 표시화면

III. 실험결과

그림 7은 센서통합히터의 전기적 성능을 검사하는 성능검사기이다. 제품을 지그판에 안착하고 지

그판을 성능검사기 챔버안에 넣는다. 시작 버튼을 눌러 바이메탈과 저항검사를 실시한다. 바이메탈은 $7 \pm 4.5^\circ\text{C}$ 에서 On, $24 \pm 3.5^\circ\text{C}$ 에서 Off 동작을 수행한다. 저항은 2.5°C 에서 $4.5 \Omega \sim 5.8 \Omega$, 25°C 에서 $3.8 \Omega \sim 4.8 \Omega$, 이때 전류 4~10A 범위, 전압 28.6 V에서 동작해야 한다. 성능검사 공정화면에 전기적 시험규격을 입력하면, 부품에 문제가 발생하였을 때, 판넬에 빨간불이 들어온다.



Fig. 7. Electrical performance tester.
그림 7. 센서통합히터의 전기적 성능검사기

표 2는 저온유동성 시험기를 이용하여 센서통합 연료히터에서 연료필터의 동작조건과 측정된 최대 온도 데이터를 나타낸다.

Table 2. Operating conditions.

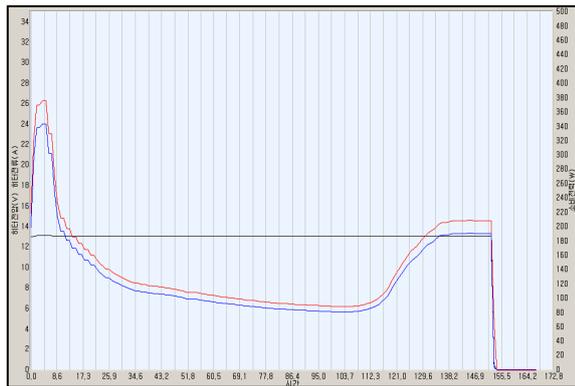
표 2 동작조건

Test liquid	Diesel	
Test liquid temperature	Before cooling	23°C
	After cooling	-20°C
Test pressure	Before cooling	0.2bar
	After cooling	1.3bar
Cooling time	More than 24hour	
Test flow	Before cooling	1.0 l/min
	After cooling	0.07 l/min
Remark	Maximum temperature measurement of Filter & Heater	

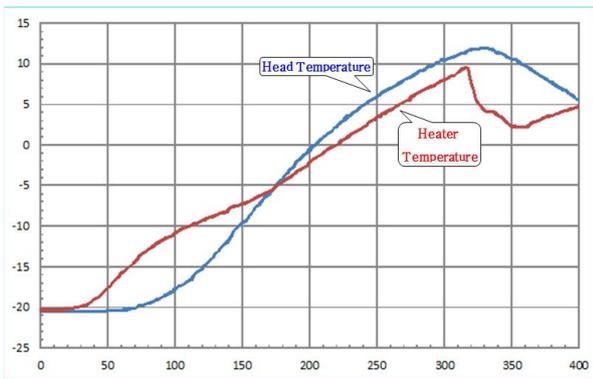
그림 8은 시간에 따른 (a)센서통합히터의 전류와 전압 변화이고, (b) 헤드부와 히터의 온도특성을 나타낸다.

표 3은 290초 후 최대 전류 19.57 A, 최대 가열 전력 251.9 W에서 센서통합연료히터의 필터가 원활한 구동을 시작하고 온도변화를 시험한 결과이다.

그림 9는 경유공급압력 3.4 kgf/cm^2 , 연료공급량



(a) 센서통합히터의 전류와 전압 변화



(b) 헤드부와 히터의 온도특성

Fig. 8. Characteristics of Current, voltage and Temperature of sensor composited heater.

그림 8. 센서통합히터의 전류, 전압 및 온도특성

Table 3. Temperature variation of filter.

표 3. 필터의 온도 변화

Test time		25s	200s	225s	250s	275s	300s
Test Temperature [°C]	Inlet	-20.6	-20.4	-20.4	-20.2	-20.2	-19.9
	Outlet	-20.6	-18.1	-17.0	-16.0	-14.8	-11.4
	Head	-20.5	-0.6	3.2	6	8.5	10.5
	Heater	-20.1	-2.2	0.7	3.4	6	8

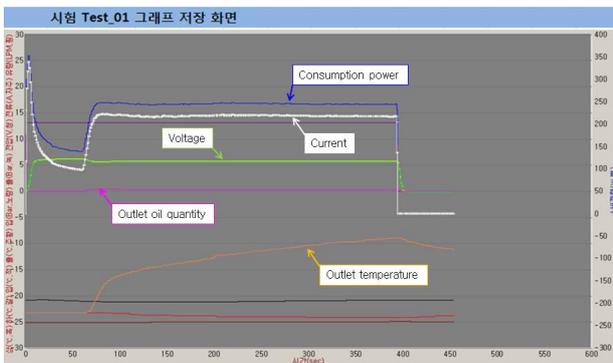


Fig. 9. Characteristics index variation.

그림 9. 여러 가지 특성 변화

60 l/H, 인가전압, 13 V_{dc}에서 최대전류 20.26 A 및 최대소비전력 263.9 W인 블록히터에 대해 바이메탈을 동작시키고, 시간변화에 따른 전류, 전압 및 전력의 변화를 나타낸다. 세로축은 온도와 전력, 가로축은 시간변화이다.

IV. 결론

센서통합히터를 개발하고 필터가 융합한 센서통합연료히터를 통하여 이를 시험하기 위한 저온유동성 시험장치를 구현하였다.

LTFT 동작으로 경유(또는 등유)를 -20 및 -30 °C 에서 유동을 60 l/H, 설정전류 및 전압은 각각 30 A와 13 V_{dc}를 설정조건으로 사용한다. 이 조건에 따른 센서통합연료히터 전후 동작과정에서 전압, 전류 및 소모전력, 유량변화, 온도변화 등의 시험을 실시하였다.

다양한 연료필터의 유효면적 제품을 사용하여 소비전류와 소비전력을 비교 측정하고, 센서통합연료히터의 유효면적별 공급유량(Q)을 26회 시험함으로써 제품의 신뢰성을 확보한다.

References

[1] SAE 2010-01-1127 “The Possibilities of Wax Precipitation from Diesel Fuels at High Pressure and its Influence on Diesel Engine Performance,” 2010.

[2] Sung Park, H. J. Kim, Chang Sik Lee, “Investigation of Atomization Characteristics and Prediction Accuracy of Hybrid Models for High-speed Diesel Fuel Sprays,” SAE 2003 World Congress & Exhibition, 2003. DOI: 10.4271/2003-01-1045

[3] 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, 2014. DOI: 10.7471/ikeee.2014.18.1.152

[5] Linux.org, JSON.org.

[6] Xiang Z, D. H. Yoon, etc, “Implementation of Engine Overflow Valve for Friendly Circumstance

Combustion Cars,” *IEEK Autumn* Conference, pp.282-285, 2019.

BIOGRAPHY

Zhao Xiang (Student Member)



2009.09~2013.08 : BS degree in Electrical Engineering, Semyung University.

2013.9 ~ 2015.08 : MS degree in Electrical and Electronic Engineering, Semyung University.

2015. 09 ~ current : Ph. D course of Electrical and Electronic Engineering, Semyung University.

2014. 04 ~ 2016.03 : AnyWood Co. Ltd. Research & Development Institute, Researcher

Main : Communication and Signal Processing, Low Temperature Fluidity Monitoring system for Fuel Heater & Test System in Cars.

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

2018.10.01.~ Management and Technical Adviser of Korea Heavy Machine Co., Ltd.

Main : Communication and Signal Processing, Medical Signal Processing, Management System for LED&IT Convergence, Low Temperature Fluidity Test System for Fuel Heater Test in Cars, Plants. Others