

EURO5형 오버플로어 밸브 성능평가 모니터링 시스템 구현

Performance Evaluation Monitoring System of EURO5 Type Valve for Overflow

윤 달 환*

Dal-Hwan Yoon*

Abstract

In this paper, we have implemented an overflow valve for EURO5 Type and the performance evaluation system based on IEEE802 protocol. On injecting a diesel oil into an engine, it is necessary for an overflow valve that can sustain an engine oil status in front of the engine. In order to evaluate the performance of overflow valve, we need the leak test system with IT. The leak test system checks the pressure, switching time and operating time.

요 약

본 연구에서는 EURO5형 엔진의 오버플루밸브 성능평가를 위해 IEEE802 프로토콜기반의 성능평가 및 모니터링 시스템을 개발한다. 기존 EURO3 및 4형 자동차 엔진의 친환경 조건이 강화됨에 따라 엔진오일의 안정한 주입분사가 가능하도록 EURO5 오버플로 밸브를 설계하였다. 오버플로를 생산하는 기술은 정해진 규격에 맞는 제품이 되도록 정밀한 측정의 평가시스템 개발이 중요하다. 특히 정밀제어에 따른 성능평가는 연비가 향상되고, 환경규제를 만족한다. 이에 정밀측정 성능검사기는 10cc 미만에서 3.0 bar, 150 cc 이상에서 3.3 bar, 250 cc 이상에서 4.0 bar를 사용하여 시험하고, 평가 알고리즘을 제시한다.

Key Words : EURO5, Overflow Valve, Performance Evaluation, monitoring, Ip convergence

1. 서론

친환경 디젤엔진인 CRDI(common rail direct injection) 엔진의 사용량 증가로 오버플로밸브(Overflow valve)의 중요성 증가하고 있다. 디젤엔진은 일정이상의 유압이 걸릴 경우, 엔진연료라인의 높은 압력으로 인해 시동 및 연료공급에 문제가 발생한다[1]. 이때 유량의 일부를 유압라인이나 유압회로로부터 노출시켜 실린더헤드 내부에 형성된 연료압력

을 소정 압력 이하로 줄여주는 오버플로어 밸브의 역할이 필요하다. 그림 1은 오버플로 밸브와 디젤 엔진 연료분사 장치 구조도를 나타내고, 엔진앞단의 3번이 오버플로 밸브이다[2].

EURO3형 엔진의 오버플루밸브는 WGT 및 VGT형 차량에 적용하고 있으나, 스펙이 낮아 연비 및 환경규제에 품질을 만족시키지 못하고 있다. EURO3 규격의 동작 조건은 누설이 1.3 Bar하에 최대 6L/h, 압력 1.3 ~ 1.8 Bar에서 열리며, 유속률(flow rate)은 2.4 Bar이상에서 최대 300 L/h이다. EURO4형 엔진의 오버플루밸브는 저압펌프에서 On /Off 밸브기능 역할을 수행하고 있으나, 미세 제어가 어려우며, 현재 단종된 상태이다. 따라서 EURO엔진의 오버플루밸브는 EURO5로 사용 중에 있다[3, 4].

본 연구에서는 EURO3 엔진의 오버플로 밸브가 갖

* Dept. of Electronics Engineering, SeMyung University, yoondh@semyung.ac.kr, 043-649-1308

※ Acknowledgment

Manuscript received Mar.13, 2013; revised Mar.22,2013 ; accepted Mar, 25, 2013

고 있는 불량률 보완하고, 친환경 조건에 맞는 EURO5형 오버플로 밸브를 개발하며, 정밀측정에 필요한 성능검사 시스템을 구현한다. 따라서 정밀제어에 따른 성능평가는 연비가 향상되고, 환경규제를 만족하도록 설계한다. 이를 위해 스프링 장력 측정기, 정밀측정 성능검사기(10cc 미만에서 3.0 Bar, 150 cc 이상에서 3.3 bar, 250 cc이상에서 4.0 bar)를 사용한다.

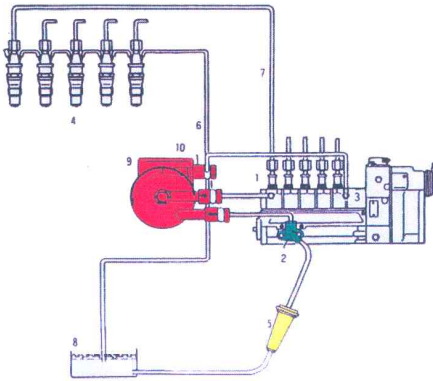


그림 1. 연료 분사 장치 블록도
Fig. 1 Block diagram of fuel injection equipment

II. 성능평가시스템 구현

오버플로 밸브는 바디(Body), 스프링시트(Spring Seat), 스프링 및 양측볼로 설계됨에 따라 4개 차종 모델(VGT, WGT, EURO5, JK/JM)을 동시에 해결할 수 있도록 개발한다[5]. 그림 2은 차종 규격에 따라 개변압 시험을 수행하는 시스템을 나타낸다.



그림 2. 성능검사 모니터링 장치
Fig. 2 Performance test monitoring

개변압시험기 구동 시스템은 순간순간 압력을 가하는 동작을 수행해야 하므로 릴레이회로를 사용하여 소신호를 이용해 대전력(공급 전원)을 제어할 수 있

어야 한다. 기존의 기계식 릴레이는 부피가 크고, 장기간 사용시 접점이 완전히 닿지 않거나 떨어지는 고장이 발생하여 정상적인 제어가 어렵다. 또한 접점이 닿거나 떨어질 때 순간적인 스파크가 발생하여 기기 고장의 원인이 되기도 한다. 하지만 복합 센서 무선 제어기에 사용된 전자식 릴레이(SSR)은 부피가 작고 반 영구적이며 전력이 가장 작은 시점(Zero Cross)을 스스로 검출하여 On/Off 동작을 함으로써 스파크가 발생하지 않는다. 그림 3은 PIC(MASTER -K200S)를 이용하여 그림 2를 제어하기 위한 전력릴레이 스위치 회로도이다.

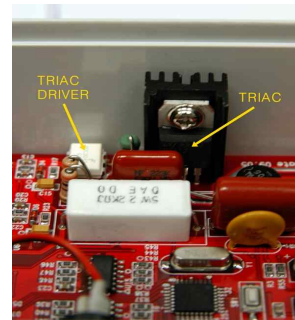


그림 3. 전력제어 릴레이 회로도
Fig. 3 Power relay switch circuit

그림 3의 트라이액(Triac) 드라이버에서 포트1과 2는 각각 애노드(anode)와 캐소드포트로 내부 LED를 구동하고, 포트 4과 6는 각각 제어하고자하는 트라이

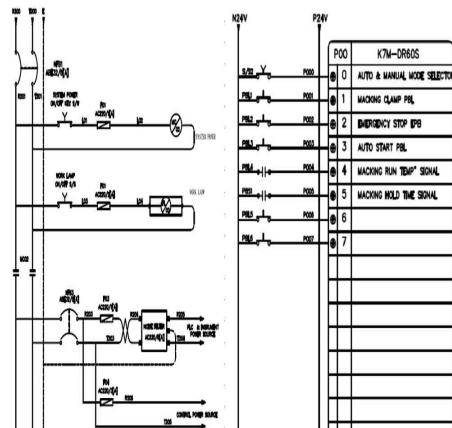


그림 4. 전원제어 PLC 프로그램
Fig. 4 PLC program for power relay

액의 게이트 신호출력 및 교류전류 입력포트이다. 트라이액 포트 A1과 A2는 각각 교류전류 입출력이고, 포트 G는 트래크 드라이버로부터 on/off 신호를 입력한다. 그림 4는 개변압 시험 시스템의 전원제어에 필요한 PLC 제어 흐름도를 나타낸다.

그림 4에서 왼쪽 프로세스에 따라 외부 입력에서 주어지는 24 V의 전원이 K7M-DR60S P00 핀에 따라 릴레이 스위치를 구동한다. 개변압 시험 프로그램에서 VGT 사양의 1차 개변압 검사는 정압 2.6 bar에서 유량이 230cc/min 이상, EURO5형은 정압 3.5 bar에서 유량이 230cc/min 이상이어야 한다. 기밀검사에 EURO5형은 정압 2.85 bar에서 유량이 150cc/min 미만이어야 한다. 2차 개변압 검사에서 EURO5형은 정압 3.50 bar에서 유량이 230cc/min 이상이어야 한다. 표 1은 차종에 따른 시험기의 평가규격을 나타낸다.

Table 1. Evaluation specification of test system
표 1. 시험 장비의 평가 규격

검사	VGT	WGT/JM-KM	EURO5
기밀	0.10~2.15	0.10~1.75	0.10~2.85
개변	2.16~2.60	1.76~2.10	2.85~3.50
기밀세팅	2.10 Bar	1.70 Bar	2.85 Bar
개변세팅	2.60 Bar	2.10 Bar	3.50 Bar

그림 5는 지그(Jig)가 구비된 개변압 시험기 구동 알고리즘을 나타낸다.

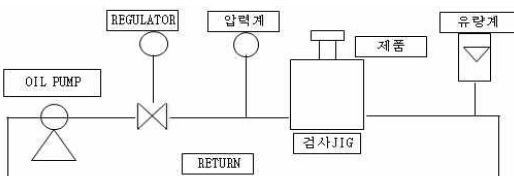


그림 5. Jig로 구성된 시스템 흐름도
Fig. 5 Performance evaluation system with Jig and pressure equipment

그림 5에서 스위치를 동작시키고 차종을 선택하면, 그에 맞는 개변압 규격을 세팅할 수 있다. 이때 지그에 오버플로 밸브를 안착하고, 외부압력계에 의해 지그헤드가 움직이면 안착된 오버플로 밸브에 유량이 유입된다. 유입된 유량은 압력 규격내에 만족하는지

시험이 이루어지며, 제품의 성능이 정상인지 판단되도록 한다.

시험에 사용할 오버플루 밸브는 양측볼(Ball -large and Small), 스프링(Spring) 및 스프링시트(Spring Seat)로 구성되며, 유압이 공급될 때 스프링의 유연성, 스프링실과 볼간에 불안정성으로 인해 진동소음이 심하게 발생할 수 있[5]. 이러한 문제를 개선하기 위해 스프링 시트(seat)를 둥근형으로 설계하여 소음 문제를 해결한다[6]. 또한, 압입장비의 직접적인 개발을 통해 이를 해결하고, 유량의 개변압을 통한 성능 검사 시스템 구축을 통하여 엄격한 품질을 만족하는 시스템을 설계한다. 이때 실시간 검사를 위해 품질 개선에 효율적인 알고리즘 개발한다.

그림 6은 공정추가를 통해 개선된 오버플로 밸브몸체(overflow valve body)를 개발하는 내경가공공정을 나타낸다.

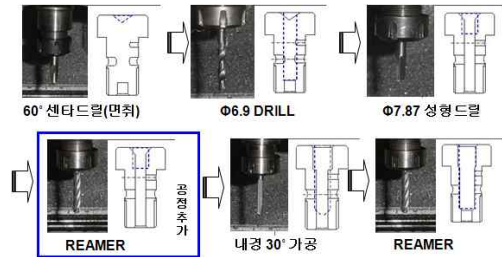


그림 6. 개선된 오버플로밸브 내경가공공정
Fig. 6 Modified inner process of overflow valve

그림 6에서 60도 센터드릴로 면취하며 구경 성형드릴 $\phi 7.87$ 을 사용한다. 리머(reamer) 공정추가하고, 내경 30° 로 가공한다. 그림 7은 그림 6을 기반으로 개발된 밸브 구성품이다.

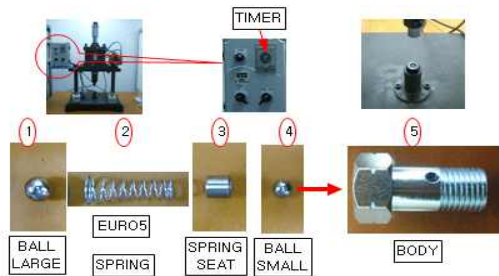


그림 7. 오버플로 밸브 구성품 및 제작과정
Fig. 7 Overflow valve and production process

그림 8은 오버플로밸브 검사 알고리즘으로 16가지 중 일부를 나타낸다. 표 2는 그림 7의 오버플로밸브의 16가지 검사기준 규격을 나타낸다.

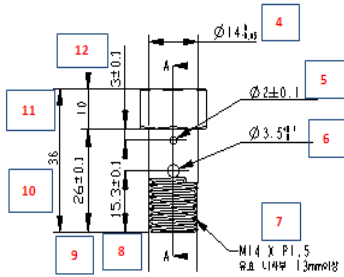


그림 8. 오버플로 밸브 검사 알고리즘
Fig. 8 Test algorithm of overflow valve

Table 2. Test specification
표 2. 검사 기준 규격

부위	측정 Gauge	규격
1	V/C	2.5H x 2.5 W
2	V/C	21.9
3	V/C	19(0, -0.4)
4	M/M	$\phi 14(0, -0.05)$
5	V/C	$\phi 2 \pm 0.1$
6	V/C	$\phi 3.5 (+0.1, 0)$
7	게이지	M14 x P1.5
8	투영기	15.3 ± 0.1
9	V/C	26 ± 0.1
10	V/C	36 ± 0.2
11	V/C	10 ± 0.2
12	투영기	3 ± 0.1
13	V/C	10.15 ± 0.1
14	V/C	$\phi 5 \pm 0.1$
15	M/M	$\phi 7.05 \pm 0.05$
16	조도기	6.3S

그림 8에서 표 2에 따라 오버플로 밸브를 제작한다. 이때 조립불량 및 부품누락, 스프링 시트 조립방향, 압입압력 관리, 불량품의 수정 및 개선에 따라 오버플로밸브의 성능을 좌우한다.

III. 실험결과

그림 9는 공정과정에서 개변압 성능 시험에 따라 오버플로 밸브 몸체가공 → 조립 → 성능검사 → 세

척 및 건조 과정을 거치며, 성능검사이 유량의 개변압 검사를 실시한다. 여기서 불량발생을 최소화하고 품질관리를 위해 불량방지 공정을 추가한다.

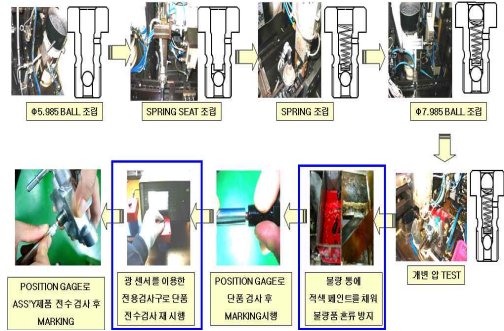


그림 9. 개변압 시험공정
Fig. 9 Performance test process

그림 9의 개변압시험에서 오버플로에 문제가 발생하면, 오버플로 설계에서 바디 및 내경, 외경의 규격이 정확하게 이루어져야 한다. 따라서 오버플로 밸브의 반복성 장비 변동식은 (1)을 사용한다. 여기서 시행횟수 2회시 $K_1=4.56$ 을 사용하고, 시행횟수 3회시 $K_1=3.05$ 을 사용한다.

$$EV = R \times K_1 \tag{1}$$

재현성 측정자 변동(AV)은 식(2)를 사용한다. 이때 시행횟수가 2회이면 $K_2 = 3.65$, 시행횟수가 3회면 $K_2 = 2.70$ 를 사용한다.

$$AV = \sqrt{(X_{diff} \times K_2)^2 - \left(\frac{EV^2}{nr}\right)} \tag{2}$$

반복성 및 재현성(RnR)은 식(3)을 사용한다.

$$RnR = \sqrt{EV^2 - AV^2} \tag{3}$$

시료변동(PV)은 식(4)에서 $K_3 = 3.65$ 이다.

$$PV = R_p \times K_3 \tag{4}$$

총변동(TV)은 식(5)를 사용한다.

$$TV = \sqrt{RnR^2 + PV^2} \tag{5}$$

식(1) ~ (4)를 식(5)로 나누어 백분율을 취하면 공정 변동율(%)을 계산하게 된다. 표 3은 단면적 1 mm^2 이고 높이 25 mm 인 5개의 샘플에 대해 하중

및 압축강도에 대한 최대변위와 변형율 시험 결과이다.

Table 3. Sample test
표 3. 샘플 시험

시료 번호	최대하중	압축강도	최대변위	변형율
	kgf	kgf/mm ²	mm	%
1	4.73	4.73	13.72	54.88
2	1.278	1.278	9.99	39.96
3	1.257	1.257	9.99	39.96
4	1.259	1.259	9.99	39.96
5	1.237	1.237	9.99	39.96

그림 10은 표 3의 각 샘플에 대해 평균 최대변위 10.736과 평균변형률 42.944에 대한 하중을 나타내는 그래프이다.

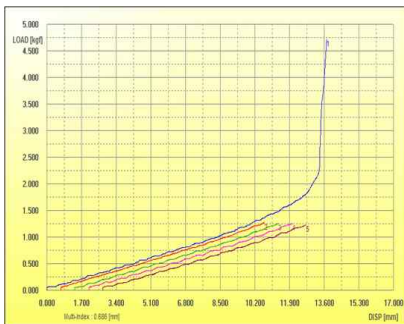


그림 10. 샘플에 대한 하중그래프
Fig. 10 Load graph of each sample

Table 4. Process capability
표 4. 공정능력

구 분	#1	#2	#3	#4
Cpk	1.82	1.82	1.80	1.81
Cpu	1.82	1.83	1.80	1.81
Cpl	1.82	1.82	1.80	1.81
Cp	1.82	1.82	1.80	1.81
최대값(Xmax)	13.999	26.030	3.560	8.140
최소값(Xmin)	13.971	25.970	3.510	8.110
평균(Average)	13.985	26.000	3.529	8.115
표준편차(σ)	0.0064	0.0183	0.0131	0.0065

표 4는 불량발생확률 0%이고, 공정능력지수(Cpk) 모두 합격판정을 받은 4개 샘플에 대한 데이터를 나타

낸다. 여기서 샘플의 하중그래프는 어느 정도에서 공통적으로 일정함을 나타낸다. Cp(process capability)는 공정능력을 나타내며, Cpk는 공정능력지수이다. 그림 11은 표 4의 샘플 #1에 대한 데이터를 기초로 공정변동 도수 및 확률분포를 나타낸다.

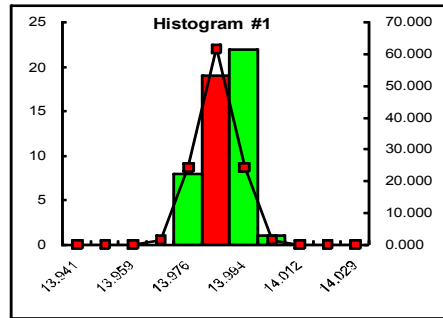


그림 11. 공정변동 도수 및 확률
Fig. 11 Cumulative frequency and probability of process variation

그림 12(a)는 염수시험 전 열충격, (b)는 열충격 전후의 염수시험을 나타낸다[7]. 염수시험과정은 염수 스프레이 전후를 평가하여 오버플로 오염도를 측정하며, 그림 12처럼 오염에 양호한 성능을 갖는다.



(a) 염수시험 전 열충격



(b) 열충격 전후의 염수시험

그림 12. 열충격과 전후의 염수시험
Fig. 12 Thermal impulse and salt test

IV. 결 론

본 연구는 친환경 요소와 정밀도가 강화된 EURO5형 디젤엔진의 오버플로 밸브를 개발하고, IEEE802 통신 프로토콜 기반의 성능평가 시스템을 구현하였다. 시스템을 통해 개변압시스템의 평가기준 데이터

를 획득함으로써 신뢰성을 확보한다. 특히 세계 자동차의 친환경 규격을 강화하고, 연비기능 향상을 요구하는 추세에 따라 오버플로 밸브를 개발한다. 따라서 엔진의 연료 주입시 안전성을 확보함은 물론, 성능평가가 알고리즘을 개선하여 시스템의 신뢰성을 확보하였다.

References

- [1] Buomsik Shin, Myungseok Lyu, Kyuhoon Choi, "The Effect of Injection Pressure Variations by Using Common Rail on the Smoke and Fuel Consumption in a Small HSDI Diesel Engine," Fall conference proceeding, KSAE, pp.97-302, 2000
- [2] Sung Wook Park, Hyung Jun Kim, Chang Sik Lee, "Investigation of Atomization Characteristics and Prediction Accuracy of Hybrid Models for High-Speed Diesel Fuel Sprays," SAE 2003-01-1045, 2003.
- [3] J. S. Jang, Y. H. Yoon, "Analysis Model of CRDI Fuel Injection System," The Korean Society of Automotive Engineers(KSAE), Vol 17, No. 3, pp. 117 - 126, 2009. 05.
- [4] J. S. Lim, S. S. Oh, J. S. Chung, K. Y. Lee, M. H. Sunwoo, "Development of a Combustion Phase Indicator for Real-Time Combustion Control in CRDI Diesel Engines," Annual Conference and Exhibition Proceedings, pp.14 - 19, 2010.
- [5] D. H. Yoon, W. H. Han, "Check System of Overflow Valve", Patents : 10-2011xxxxx호, 2011.
- [6] C. Arcoumanis, S. T. Cho, M. Gavaises and H. S. Yi, "Spray and Combustion Development in a Four-Valve Optical DI Diesel Engine," SAE 2000-01-1184, 2000

BIOGRAPHY

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 Military 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 Convergence Circuit