

# 스프링하중을 고려한 디젤차량용 오버플로우 밸브 성능평가

## Overflow Valve and Performance Evaluation System for Diesel Cars based on Spring Load

윤 달 환<sup>★</sup>

Dal-Hwan Yoon<sup>★</sup>

### Abstract

In this paper, we have estimated the performance of an overflow valve for EURO type CRDI(common rail direct injection) engine. In order to implement the overflow valve with friendly circumstance, it is necessity for considering spring load. Especially, the performance evaluation of diesel car with accuracy control will be considered a mileage improvement and circumstance regulation. In order to evaluate the performance of overflow valve, The leak test system checks the pressure, switching time and operating time under 3.0 bar below 100 cc, 3.3 bar among 150 cc and 200 cc, finally 4.0 bar upper 250 cc.

### 요 약

본 연구에서는 유로형(EURO type) 클린 디젤 CRDI(common rail direct injection) 엔진용 오버플로우 밸브 성능평가 시스템을 구현한다. 친환경 조건에 맞도록 정밀 기능을 구비한 오버플로우를 위해 스프링의 하중을 고려한 구현이 중요하다. 특히 정밀제어에 따른 디젤 차량의 성능평가는 연비 향상과 환경 규제 만족이 필연적이다. 이에 성능평가를 위한 평가 알고리즘의 기본 조건은 100cc 미만에서 3.0 bar, 150 cc 이상에서 3.3 bar, 250 cc이상에서 4.0 bar를 사용하여 시험한다.

*Key words : Spring Load, EURO type, Overflow Valve, Performance Evaluation, large and small ball, body*

### 1. 서론

\* Dept. of Electronics Engineering, Semyung University

★ Corresponding author

[yoondh@semyung.ac.kr](mailto:yoondh@semyung.ac.kr), 043-649-1308

※ Acknowledgment

Manuscript received Apr. 25, 2016 ; revised Jun. 28, 2016; accepted Jun. 29, 2016

This paper was supported by the Semyung University professor research year of 2015

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.

크린 디젤엔진인 CRDI(common rail direct injection) 엔진의 사용량 증가로 EURO형 오버플로우 밸브의 중요성이 증가하고 있다. 디젤엔진은 일정이상의 유압이 걸릴 경우, 엔진유압라인의 높은 압력으로 인해 시동 및 연료공급에 문제가 발생한다[1]. 이때 유량의 일부를 유압라인이나 유압회로부터 노출시켜 실린더헤드 내부에 형성된 연료압력을 소정 압력 이하로 줄여주는 오버플로우 밸브의 역할이 필요하다[2].

EURO3형 엔진의 오버플로우 밸브는 WGT 및

VGT형 차량에 적용하고 있으나, 스펙이 낮아 연비 및 환경규제에 품질을 만족시키지 못하고 있다. EURO3 규격의 동작 조건은 누설이 1.3 Bar 하에 최대 6L/h, 압력 1.3 ~ 1.8 Bar에서 열리며, 유속률(flow rate)은 2.4 Bar이상에서 최대 300 L/h이다. EURO4형 엔진의 오버플로어 밸브는 저압펌프에서 On /Off 밸브기능 역할을 수행하고 있으나, 미세 제어가 어려우며, 현재 단종된 상태이다. EURO엔진의 오버플로우 밸브는 EURO5 및 EURO6로 진화하고 있다[3].

본 연구에서는 EURO형 오버플로우 밸브의 정밀 동작을 만들어 내기 위해 스프링 하중을 고려한 오버플로우 밸브를 구현하고 성능을 평가알고리즘을 구현한다. 따라서 정밀제어에 따른 성능평가는 연비가 향상되고, 환경규제를 만족한다. 이를 위해 스프링 장력 측정기, 정밀측정 성능검사기 (10cc 미만에서 3.0 Bar, 150 cc 이상에서 3.3 Bar, 250 cc이상에서 4.0 Bar로 시험한다.

## II. 본론

### 1. 성능평가 시스템 구현

오버플로우 밸브는 양측볼(Ball-large and Small), 스프링(Spring) 및 스프링시트(Spring Seat) 간에 유압이 공급될 때, 스프링의 유연성, 스프링실과 볼간에 불안정성으로 인해 진동소음이 심하게 발생한다[4]. 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 알고리즘이 필요하다.

그림 1에서 왼쪽 프로세스에 따라 외부 입력에서 주어지는 24 V의 전원이 K7M-DR60S P00 편에 따라 릴레이 스위치를 구동한다.

개변압 시험 프로그램에서 VGT 사양의 1차 개변압 검사는 정압 2.6 bar에서 유량이 230 cc/min 이상, EURO5형은 정압 3.5 bar에서 유량이 230 cc/min 이상이어야 한다. 기밀검사에 EURO5형은 정압 2.85 bar에서 유량이 150 cc/min 미만이어야 한다.

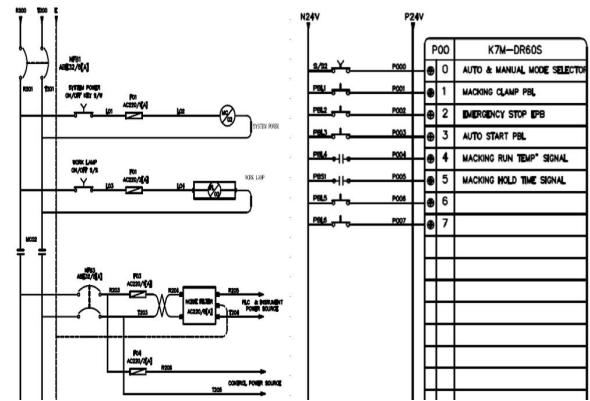


Fig. 1. The PLC program for power control  
그림 1. 전력 제어용 PLC 프로그램

2차 개변압 검사에서 EURO5형은 정압 3.50 bar에서 유량이 230 cc/min 이상이어야 한다. 표 1은 차종에 따른 시험기의 평가규격이다[5].

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

Check	VGT	WGT/JM-KM	EURO6
Airtight	0.10~2.15	0.10~1.75	0.10~2.85
Reformation	2.16~2.60	1.76~2.10	2.85~3.50
Airtight setting	2.10 Bar	1.70 Bar	2.85 Bar
Reformation setting	2.60 Bar	2.10 Bar	3.50 Bar

### 2. 성능평가 알고리즘

그림 2는 지그(Jig)가 구비된 개변압 시험기 구동 알고리즘을 나타낸다. 스위치를 동작시키고 차종을 선택하면, 그에 맞는 개변압 규격을 세팅할 수 있다. 이때 지그에 오버플로우 밸브를 안착하고, 외부압력계에 의해 지그헤드가 움직이면 안착된 오버플로우 밸브에 유량이 유입된다. 유입된 유량은 압력 규격내에 만족하는지 시험이 이루어지며, 제품의 성능이 정상인지 판단되도록 한다.

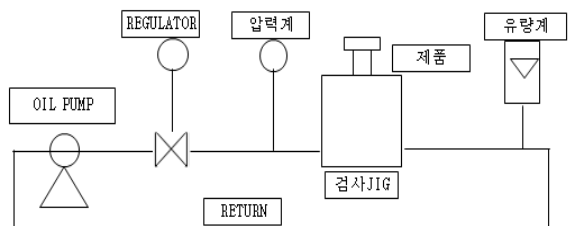


Fig. 2. The Performance evaluation algorithm.  
그림 2. 성능평가 알고리즘

그림 3은 오버플로밸브 검사 알고리즘으로 16가지 중 일부를 나타낸다[6],[7].

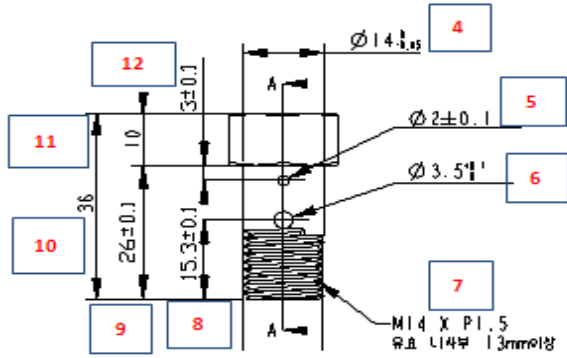


Fig. 3 Test algorithm of overflow valve  
그림 3. 오버플로 밸브 검사 알고리즘

표 2는 그림 3의 오버플로밸브의 16가지 검사 기준 규격을 나타낸다.

Table 2. Test specification

표 2. 검사 기준 규격

parts	Measurement	Specification
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	Guage	M14 x P1.5
8	Inspection	$15.3 \pm 0.1$
9	V/C	$26 \pm 0.1$
10	V/C	$36 \pm 0.2$
11	V/C	$10 \pm 0.2$
12	투영기	$3 \pm 0.1$
13	V/C	$10.15 \pm 0.1$
14	V/C	$\phi 5 \pm 0.1$
15	M/M	$\phi 7.05 \pm 0.05$
16	Illuminometer	6.3S

그림 3에서 표 2에 따라 조립불량 및 부품누락, 스프링 시트 조립방향, 압입압력 관리, 불량품의 수정 및 개선에 따라 오버플로밸브의 성능을 좌우한다.

그림 1을 이용한 개변압 성능시험에서 오버플로우에 문제가 발생하면, 바디 및 내경, 외경의 규격이 정확하게 재조정 되어야 한다. 이때 반복성 장비 변동식은 (1)을 사용한다. 여기서 시행횟

수 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)의  $K_3 = 3.65$ 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.

### III 실험 결과

그림 4는 차종 규격에 따라 개변압 시험을 수행할 오버플로우 밸브 조립순서를 나타낸다. 오버플로우 밸브는 4개 차종 모델(VGT, WGT, EURO5, JK/JM)을 동시에 실험할 수 있다.

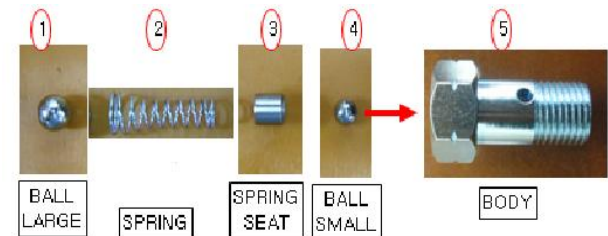


Fig. 4. The manufacturing process

그림 4. 조립 공정

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

그림 5는 스프링 5개의 샘플에 대한 하중을 실험하는 장면이다.

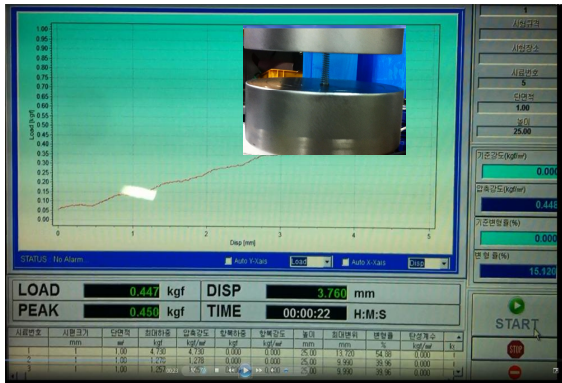


Fig. 5. Spring load test  
그림 5. 스프링 부하시험

표 3은 그림 5의 실험에서 단면적  $1\text{mm}^2$ 이고 높이  $25\text{mm}$ 인 5개의 샘플에 대해 하중 및 압축강도에 대한 최대변위와 변형을 결과이다.

Table 3. Sample test

표 3. 샘플시험

No	Max. load	Pressure Lengthen	Max variation	Transfor m rate
	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	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 6는 표 3의 5개 샘플에 대해 평균 최적 변위 10.736과 평균변형률 42.944에 대한 하중압축시험을 나타내는 그래프이다.

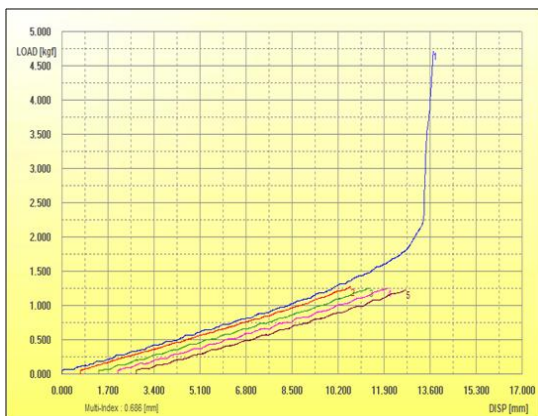


Fig. 6 Load graph of 5 sample  
그림 6. 5개 샘플에 대한 하중그래프

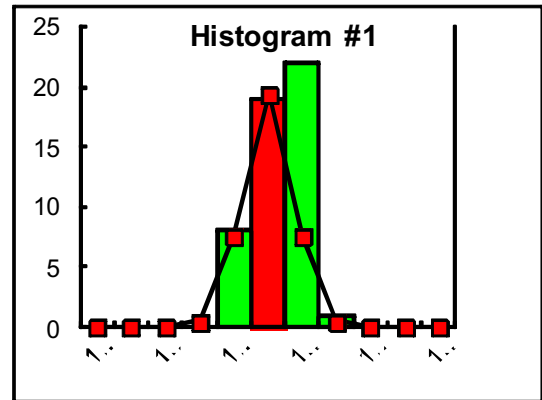
표 4는 불량발생확률 0%이고, 공정능력지수 (Cpk) 모두 합격판정을 받은 4개 샘플에 대한 공정능력 데이터를 나타낸다.

Table 4. Process capability

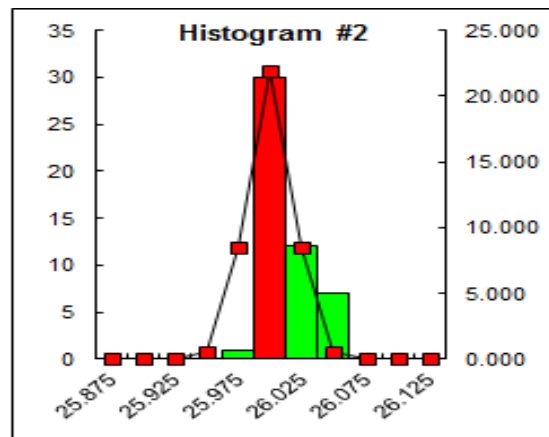
표 4. 공정능력

Iterm	#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
Maximum	13.99	26.03	3.560	8.140
Minimum	13.97	25.97	3.510	8.110
Average	13.98	26.00	3.529	8.115
Deviation	0.006	0.018	0.013	0.006

그림 7은 표 4의 샘플 #1과 #2에 대한 데이터를 기초로 (a) 공정변동누적과 (b) 확률분포이다.



(a) 공정변동누적



(b) 확률분포

그림 7. 누적빈도 및 확률분포  
그림 7. 누적빈도 및 확률분포

#### IV. 결론

본 연구는 IEEE802 통신 프로토콜 기반의 친환경 디젤엔진용 EURO형 오버플로 밸브 성능평가 시스템을 구현을 통해 평가 알고리즘을 개발한다. 친환경 규제 조건에 맞는 오버플로우밸브의 성능평가는 스프링 부하실험을 통해 이루어진다. 표 3의 5개의 샘플에 대한 하중실험에서 단면적  $1mm^2$ 이고 높이  $25mm$ 인 샘플에 대해 하중 및 압축강도에 대한 최대변위와 변형율을 시험한다. 이때 5개 샘플에 대해 평균 최대변위 10.736과 평균 변형률 42.944에 대한 하중압축시험은 오버플로우를 엔진에 장착하였을 때 최고의 연비성능을 얻음으로써 안정성을 확보한다.

#### 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] D. H. Yoon, W. H. Han, "Check System of Overflow Valve", *Patents : J Vol.8, 101319804*, 2011.
- [3] 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.
- [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] 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
- [6] 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.
- [7] *Patents*, No. 101520353호, 05. 2015