

## 박용 엔진 성능 측정 시스템 개발

\* 서 중 석\*, 육 심 균\*, 조 창 호\*

\* 한국중공업 기술연구원 제어연구팀

### Development of Performance Measuring and Analysis system for Diesel Engine

Sur jung surk, Yook sim kyun, Cho chang ho  
Korea Heavy Industries & Construction Co., Ltd

Abstracts : For organizing a flexible and reasonable measuring system, it is necessary that one should not only understand the process itself but also choose an adequate system.

In this paper, we want to show a system of measuring and analyzing diesel engine's performance which is capable of producing a report of a certain format as well as gathering, analyzing and managing data. The system was designed by VXIbus as an all-in-one. It was also proven by a real field test through the Guam diesel power plant, which was designed and constructed by Hanjung.

#### 1. 서론

최근 계측 분야에서도 측정 데이터의 수집/관리, 분석 및 보고서 작성 등의 기능을 하나의 시스템으로 통합하여 병행 처리할 수 있는 자동 계측 시스템에 대한 요구가 크게 대두 되고 있다.

컴퓨터를 응용한 자동 계측 시스템이 합리적이고 유연하게 구성되기 위해서는 우선 전체 프로세스에 대한 흐름이 파악되어야 하고 프로세스의 상태치(온도, 압력, RPM 등)에 대한 충분한 정보 파악 및 적절한 측정기기(센서류 포함)의 선정이 필수적이다.

본 연구는 박용 엔진의 성능 측정 및 분석에 있어 보다 과학적이고 신뢰성 있게 데이터를 확보하고 분석하기 위하여 성능 측정/분석에 필요한 Multipoint의 신호 입력을 기준으로 근래에 개발된 VXIbus(ANSI/IEEE Std. 1155-1992, IEEE Standard for VMEbus Extensions for Instrumentation)을 활용하여 측정 오차를 최소화하며 소요되는 Man-Hour를 절감할 수 있는 새로운 성능 측정/분석 시스템 개발에 대하여 소개하고자 함이다.

#### 2. 엔진 성능 해석 관련식

2-Stroke Engine의 성능 해석은 대기 상태가 시스템에 있

어 대기 상태가 시스템에 미치는 영향이 충분히 고려되어야 하고 Scavenge air coolant temperature, Blower inlet temperature, Blower inlet pressure와 같은 Correction Factor들의 변화에 대한 보상을 고려하여 계산되어야 한다. 엔진의 성능을 증가 시키기 위해서는 Turbocharger의 Matching과 전체 효율을 만족하는 충분한 Surging Margin을 갖는 적절한 P-scavenge를 얻어야 한다. 특히 이들 요소는 Fuel oil 소비와 매우 밀접한 관계를 가지고 있으므로 국제 표준 기구에서 추천하는 ISO REFERENCE CONDITION 조건을 적용한다.

측정 데이터를 ISO REFERENCE 조건으로 변환하기 위해서는 대기상태에서 측정된 데이터를 절대값으로 변환한 후 CORRECTION FACTORS를 고려하여 ISO CORRECTION 관계식에 대입하여 ISO CORRECTON 값을 계산하게 된다. ISO REFERENCE CONDITION은 대기온도, 대기압력, Sea Water (Scavenge)온도의 영향만을 고려함으로 Turbocharger Before Temp. (K)에 대한 ISO REFERENCE CONDITION 관계식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$TBT = TBT \times \left( 1 - \left( \frac{P_a - P}{10} \times \frac{a}{100} - \frac{T_a - t}{10} \times \frac{b}{100} + \frac{T_s - t_s}{10} \times \frac{c}{100} \right) \right) - 273$$

여기서, P, T, T<sub>s</sub>는 각각 대기상태의 압력, 온도, Sea Water 온도이고 p, t, t<sub>s</sub>은 각각의 ISO 기준값을 의미한다. 아울러 a, b, c는 Correction Factor 값을 나타내고 있다. 위의 식을 이용하여 성능 해석에 필요한 Scavenging air pressure, Compression pressure, Maximum pressure, Air amount 등에 대한 각각의 Correction 값을 구할 수 있다.

#### 3. 시스템 구성

박용 엔진은 고도의 TUNING 기술을 요하게 된다. 부정확한 엔진 TUNING시 엔진 효율이 낮아질 뿐만 아니라 운전시 엔진 자체에 많은 문제점을 발생시킨다. 따라서 기존의 측정 방법으로 정확한 엔진 TUNING을 기대할 수 없을 뿐만 아니라 측정 데이터 분석에 있어서도 복잡한 공정이 수행되어야 하는

문제점을 안고 있다. 본 시스템은 기존의 이러한 문제점을 해결코자 근래에 개발된 VXI 시스템을 활용하여 측정 오차를 최소화하여 성능 측정/분석에 있어서도 보다 편리하고 효율적으로 수행될 수 있도록 그림 1과 같은 Layout의 시스템으로 구성하였다. 아울러 계측기와와의 통신 프로그램은 Graphical Programming Software인 LabVIEW package를 응용하였으며 데이터 시트 및 그래프, 사양서는 Excel package를 활용하였고 성능 분석 및 측정 그래프는 Visual Basic으로 프로그램 하였다.

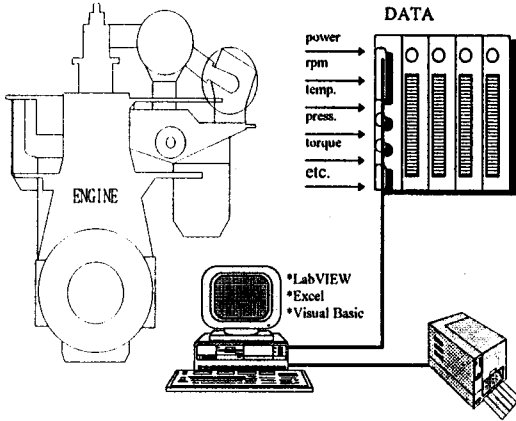


그림 1. 엔진 성능 측정 시스템 구성도

### 3.1 전체 흐름도

시스템의 전체적인 흐름도를 살펴보면 H/W 설치 후 LabVIEW Package를 활용하여 측정 장비의 초기화 작업 및 Configuration 작업을 통하여 각 측정 Point의 데이터 Read/Write, Send to Excel 업무를 수행한다. Excel에서는 전송된 데이터를 활용하여 수치계산과 Report의 각종 사양서등을 작성하고 Visual Basic에서는 Excel에서 정리한 데이터를 이용하여 각종 성능 그래프 Drawing함으로써 모든 작업이 완료되게끔 구성되어 있으며 전체 흐름도는 그림 2과 같다.

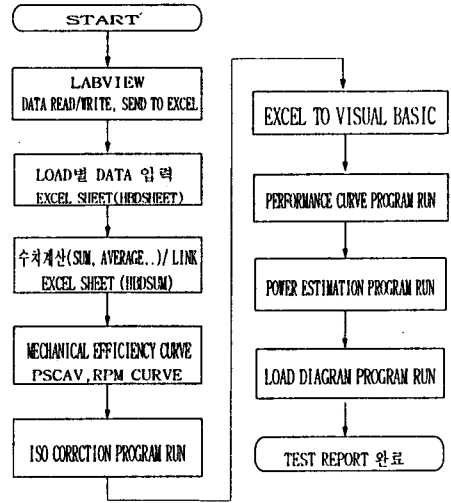


그림 2. 전체 시스템 흐름도

### 3.2 하드웨어 구성

본 연구에서 개발한 엔진 성능 측정 및 분석 시스템은 성능 측정에 필요한 온도, 압력, RPM, POWER, TORQUE 등 여러 종류의 SIGNAL 측정에 소요되는 기기들을 하나의 CASE에 실장 가능토록한 VXI CARD BASE의 기기들을 조합하여 하나의 SYSTEM으로 구성하였다.

특히 압력 측정시 요구되는 고정도의 전원 공급 장치와 미소 SIGNAL을 증폭할 수 있는 기능을 가진 SIGNAL CONDITIONOR를 적용한 VXI CARD BASE의 계측기를 활용함으로써 시스템의 소형/경량화, 현장에서 결선이 간략화 되도록 하였으며 SYSTEM의 구성도는 그림 3과 같다. 본 엔진 성능 측정 및 분석 시스템에 필요한 센서류는 고정도의 압력 센서와 열전대형 온도 센서를 엔진에 직접 부착하여 사용토록 하였고, ENGINE SPEED, TURBOCHARGER SPEED는 엔진 자체에 부착

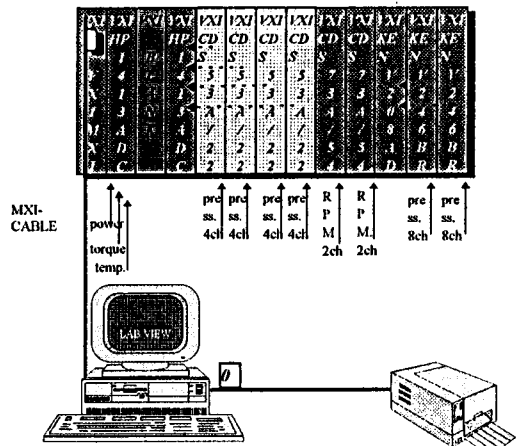


그림 3. 엔진 성능 측정 시스템 구성도

된 센서를 활용토록 하였으며, ENGINE POWER 측정은 DYNAMOMETER의 출력 PORT에서 측정된 TORQUE 값을 이용하여 연산 가능토록 구성 하였다.

### 3.3 소프트웨어 구성

본 시스템에 적용된 소프트웨어 구성을 살펴보면 LabVIEW, Excel, Visual Basic이 사용되었다. 앞서 언급했듯이 LabVIEW Package는 하드웨어와 인터페이스 관련부분 즉, VXI 장비의 초기화 작업 및 데이터의 Read/Write, 데이터 전송(각 측정 POINT의 값을 Excel에서 이미 디자인한 엔진 성적서의 Format에 맞추어 Excel의 각 셀로 보낸다.)관련 부분을 담당하고, Excel에서는 전송된 데이터를 이용하여 데이터 분석 및 그래프 디자인, ISO CORRECTION 작업등을 수행하기 위해 사용하였으며, Visual Basic에서는 Excel에서 얻은 데이터를 이용하여

PERFORMANCE CURVE, POWER ESTIMATION CURVE, LOAD DIAGRAM 을 DRAWING 하기 위해 사용되었으며 S/W 구성도는 그림 4 와 같다.

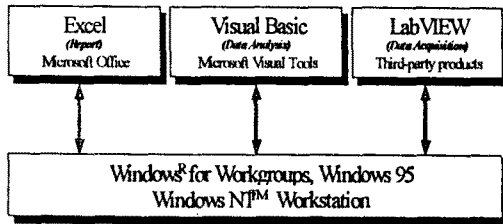


그림 4. 측정/분석 시스템의 소프트웨어 구성

#### 4. 측정 및 분석

엔진 성능 측정에 사용된 측정 기기는 그림 5에 표시한 VXIbus system 의 패밀리 규격에 적합한 VXIbus system 규격의 기기를 사용하였다. 특히 압력 측정에서는 message base type 의 CDS 사 제품의 signal conditioner card 와 register base type 의 KINETIC 사 제품의 signal conditioner card 를 사용하였고, signal input 용 card 는 고속 측정에 유리한 register base type 의 HP 사 A/D CONVERTER 를 사용하였고, 엔진 RPM 측정에는 CDS 사 COUNTER 를 사용하여 성능 측정을 수행하였다.

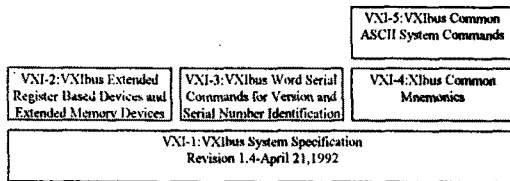


그림 5. VXIbus 규격의 계층

그림 6 은 계측기기(VXI)와 인터페이스를 통해 데이터를 측정하는 화면을 보여주고 있다.

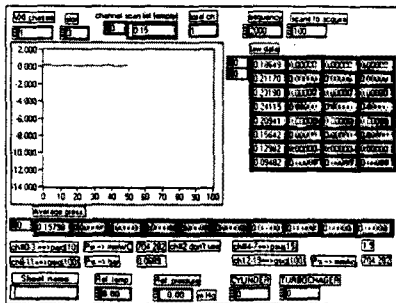


그림 6. LabVIEW 출력화면

앞서 언급했듯이 이는 GUI Package 인 LabVIEW package 를 이용하였으며 측정된 데이터는 이미 정해진 Excel 시트의 각 셀에 입력됨과 동시에 필요한 수치계산을 하게 된다. 그림 7은 실제 엔진 성능 측정 결과 및 분석에 대한 데이터 시트와 Power Estimation 곡선을 보여 주고 있다.

MANIFEST		S/N		P/N		C.A.P.A.R. UNIT #		Name		Part No.		Test Bed	
Model	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432
Serial	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432	11432

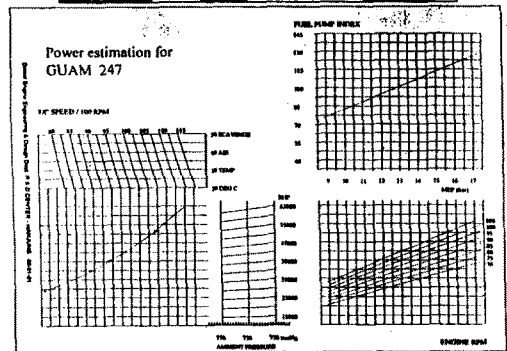


그림 7. 데이터 시트와 Power estimation 곡선

#### 5. 결론

엔진의 성능을 보다 과학적이고 고도화된 방법으로 측정/분석하기 위해 측정 시스템 구성시 시스템의 확장성, 엔지니어링의 용이성, 운전의 용이성을 고려하여 설계하였으며 측정/분석에 있어 데이터 수집은 물론 수집 데이터의 해석, Graphic Design, 보고서 작성등의 기능을 하나의 시스템으로 통합하여 병행 처리할 수 있는 All-in-one 시스템으로 구성하였다.

본 시스템은 측정에서 분석, REPORTING 까지 작업의 일관성, 사용의 용이성, 다른 PACKAGE 와의 호환성등 여러 가지 장점을 가지고 있고, 특히 신뢰성 있는 DATA 확보 및 시간적인 측면에서 많은 이득을 얻을 수 있었으며, 실제 한중이 설계·제작한 Guam 내연 발전소의 디젤엔진 성능 측정시 활용되어 그 성능이 입증되었다.

#### 참고문헌

- [1] Zinner, K : Supercharging of Internal Combustion Engines
- [2] H. Preston-Thomas, "The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90)" Metrologia, 27, 3, pp. 107(1990).
- [3] W. Burns, M. G. Scroger, G. F. Strouse, M. C. Croarkin and W.F. Gurhrie, " Temperature-Electromotive Force Reference Function and Table for the Letter-Designated Thermocouple types Based on the ITS-90", NIST Monograph 175, NIST(1993).
- [4] D. A. Cooper, J.W. Tippie, " Using VXI for data Acquisition and Condol Applications"