

교육용 마이크로 가스터빈 엔진 성능 시험장치 개발

고성희* · 기자영* · 박미영* · 공창덕** · 이경제***

Development of the Educational Micro Gas Turbine Engine Performance Test System

Seonghee Kho* · Jayoung Ki* · Miyoung Park* · Changduk Kong** · Kyungjae Lee***

ABSTRACT

This test cell is developed to provide the fundamentals of operational mechanism and structural configuration, and further to verify thermodynamic calculation with this test data to the institutes or laboratories research and study gas turbine engine for academic purpose.

The test cell is installed to monitor and collect real-time data as to temperature, pressure, thrust, fuel flow, and air flow etc. using by NI DAQ(Data acquisition)device and LabVIEW program based on 30lbf-micro turbojet engine.

초 록

본 시험장치는 가스터빈 관련 교육기관, 연구소 등에 가스터빈 엔진의 작동 원리와 구조에 대한 기초지식을 제공하고 가스터빈 엔진의 이론적 열역학 계산을 실제 성능시험을 통하여 비교해 볼 수 있도록 개발되었다.

추력 30lbf급 마이크로 터보제트 엔진을 대상으로 하여 NI DAQ(데이터 수집)장치와 LabVIEW 프로그램으로 각 구성품의 온도, 압력과 추력, 연료유량, 공기유량 등의 실시간 데이터를 모니터링 및 획득할 수 있도록 시험장치를 구성하였다.

Key Words: Turbo Jet Engine(터보제트엔진), DAQ(데이터수집), Test Cell(테스트셀), Engine Control Unit(엔진제어장치), Thrust Stand(추력대), Monitoring System(모니터링 시스템)

1. 서 론

가스터빈 성능시험은 압축기 서지나 스톨과

같은 불안정 운전특성을 파악할 수 있으며 엔진의 작동 영역한계를 파악하기 위한 것으로 엔진 뿐만 아니라 센서, 계측장비, 데이터 획득 시스템, 전기, 전자 등 많은 요소기술을 필요로 한다 [1][2]. 시험기술은 많은 경험에 의한 노하우를 통해 축적되는 것으로 엔진의 개발과정뿐만 아니라 분해수리 후, 상용 엔진의 구매 후에도 수

* (주) 이지가스터빈 R&D
연락처, E-mail: habari@paran.com

** 조선대학교 항공우주공학과

*** 한국항공우주연구원

행되는 매우 중요한 절차이다[3]. 그러나 산업체에서 요구하는 인재를 육성하는 교육기관에서도 엔진 시험에 관한 재정적, 기술적 지원이 부족한 상태이다. 이는 교육용 가스터빈 시험장치 제작업체가 국내에 부재한 상태로 일부 해외에서 고가로 수입되는 설비가 중개업자에 의해 제공되고 있기 때문이다. 해외에서 수입되는 시험장치의 경우 문제가 발생하였을 경우 A/S가 매우 어렵고 제작 엔지니어와의 의사소통이 어려워 시험요소의 추가나 개조 등이 거의 불가능하다.

따라서 관련 교육기관, 연구소 등에 가스터빈 엔진의 작동 원리 및 구조에 대한 기초 지식을 제공하고 성능 시험의 기술적 경험과 노하우를 축적하는데 활용될 수 있도록 본 시험장치를 개발하게 되었다.

2. 시험장치 제작

2.1 터보제트 엔진

본 시험장치에 사용된 i-Complete 사의 i-Jet 130은 추력 30 lb급의 소형 터보제트 엔진으로 주로 무선조종 비행기의 추진 장치로 사용되고 있으며 Fig. 1과 같이 1단 원심압축기, 역류 애널리형 연소실, 1단 축류 터빈으로 구성되어 있다[4].



Fig. 1 Main Components of i-Jet 130

또한 연료 공급을 위한 연료펌프, 연료필터, 연료밸브 및 점화플러그, 스타터 모터 등의 부속품(액세서리)이 있으며 ECU에 의해 자동으로 제어된다.

원활한 시동을 위해 시동 시에는 프로판 가스가 사용되고 아이들 이상 정상 작동 시에는 케로신 연료가 공급된다.

Table 1에는 i-Jet 130의 주요 제원을 나타내었다.

Table 1. Specification of i-Jet 130

Type	Turbojet
Compressor	1 stage centrifugal
Combustion Chamber	Reverse flow annular
Turbine	1 stage axial
Thrust (max.@126000 rpm)	14 kgf(30.86 lbf)
Thrust (idle@32000 rpm)	0.41 kgf(0.9 lbf)
Exhaust Gas Temperature(max.)	893 K
Fuel Consumption	0.139 g/N/h
Fuel	Kerosene, Jet A1
Start Gas	Propane
Lubrication Oil	Mobil Jet2, Exxon 2380
Fuel-oil Mixing Ratio	20:1
Dimensions	108 mm \varnothing x 250 mm L

2.2 추력대 제작

추력대는 엔진을 고정하는 스탠드 부분과 추력을 측정하기 위한 슬라이딩 부분으로 나누어지며, 추력이 발생하면 고정된 스탠드가 슬라이딩하여 로드셀에 압축력을 가하도록 설계하였다. 슬라이딩 시 마찰을 최소화 하기 위해 LM가이드(전동면 사이에 볼 혹은 롤러 등의 전동체를 삽입시켜 구름운동을 하므로 마찰저항이 매우 적음)를 사용하였다. Figure 2는 설계된 추력대를 나타내었다.

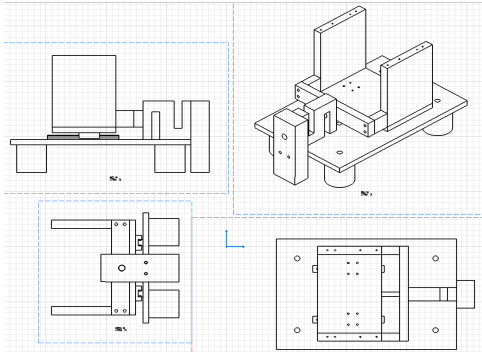


Fig. 2 Test Bed

2.3 엔진 센싱 홀

공기속도, 압축기 입/출구와 터빈 출구의 온도 및 압력을 측정하기 위하여 Fig. 3과 같이 센싱 홀을 만들고 압력 측정용 튜브, 온도 센서, 공기 속도 센서를 장착하였다.

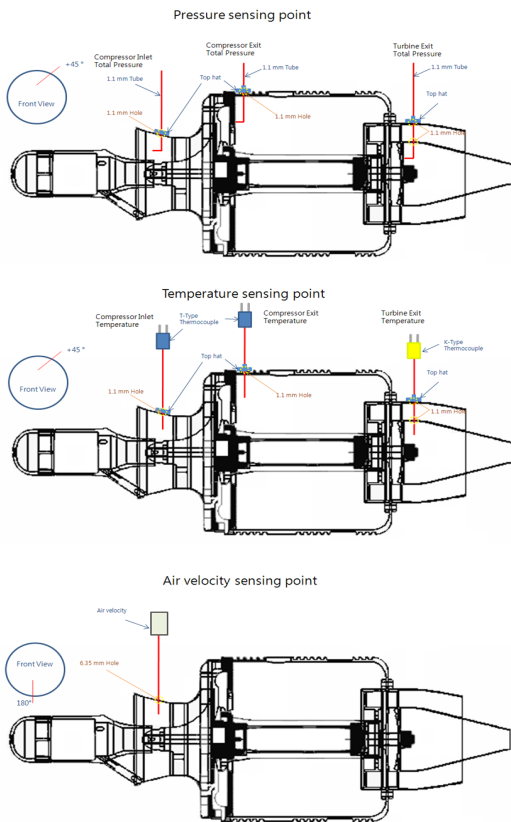


Fig. 3 Engine Sensing Hole

2.4 테스트 셀 제작

테스트 셀은 추력대를 지지해주고, 터보제트 엔진 테스트 시 발생할 수 있는 위험으로부터 보호해주는 안전 케이스 역할을 한다. 또한 고온의 배기가스를 안전하게 배출하기 위한 배기구가 장착되어 있으며 데이터 모니터링 및 운용이 쉽고 편리하도록 설계 및 제작 하였다.

Figure 4는 제작 완료된 테스트 셀 이다.



Fig. 4 A Complete Test Cell

3. 데이터 계측 및 획득 시스템

데이터 모니터링 및 수집 장치는 NI(National Instruments)사에서 개발한 LabVIEW를 사용하였다. LabVIEW는 컴퓨터를 이용한 제어와 계측에 최적화되어 있고, 그래픽 개발환경을 이용하고 있기 때문에 직관적인 이해와 개발이 가능한 강력하고 유연한 GUI 프로그래밍 언어이다.

3.1 실시간 모니터링 시스템

실시간 모니터링 화면은 사용자가 엔진 테스트 중 실시간으로 계측되는 데이터를 한눈에 쉽게 읽고 확인할 수 있도록 배치하였다. 본 시험

장치에서 모니터링 및 수집 되는 데이터는 압축기 입구 온도와 압력, 압축기 출구 온도와 압력, 터빈 출구 온도와 압력, 공기 속도, 연료 유량, 추력 이다. 여기에서, 계측된 공기 속도는 흡입 공기 유량 계산에 사용된다.

Figure 5는 LabVIEW를 이용하여 프로그래밍한 프런트패널로 실시간 모니터링 및 데이터 저장 기능이 가능하다[5].

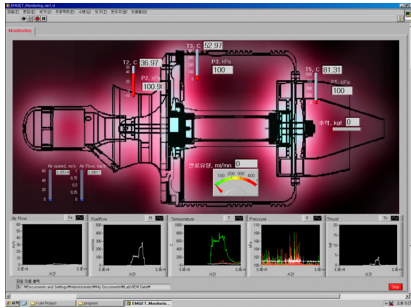


Fig. 5 Data Monitoring System

3.2 데이터 획득 시스템

데이터 수집 장치로는 데이터 로거의 사용 편리성, 저비용적인 측면과 모듈형 인스트루먼트의 우수한 성능, 유연성을 갖춘 NI CompactDAQ 하드웨어를 사용하였으며 시험장치에서 계측되는 센서의 아날로그 신호를 USB의 간단한 플러그 앤 플레이로 빠르고 정확한 측정이 가능하다.

Figure 6은 NI CompactDAQ USB 데이터 획득 시스템이다.

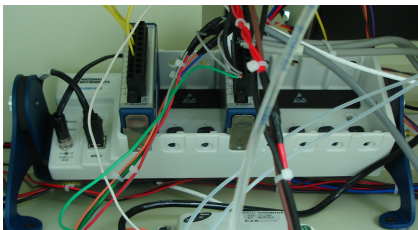


Fig. 6 Data Acquisition System

Table 2에는 NI CompactDAQ 데이터 획득 시스템에 장착된 Thermocouple Differential Analog Input Module과 Analog Current Input

Module의 연결 다이어그램을 표로 나타내었다.

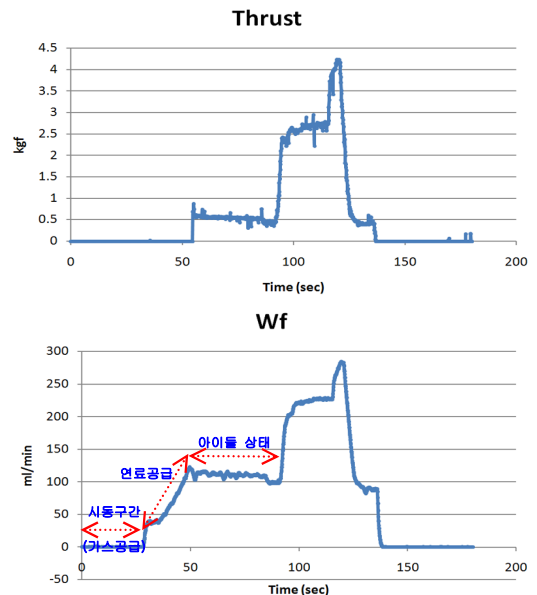
Table 2. Report of Connected Diagram

Channel Name	Physical Channel	Device Type	Measuring Type
T2	cDAQ1Mod1/ai0	NI9211	Thermocouple
T3	cDAQ1Mod1/ai1	NI9211	Thermocouple
T5	cDAQ1Mod1/ai2	NI9211	Thermocouple
P2	cDAQ1Mod4/ai3	NI9203	Current
P3	cDAQ1Mod4/ai4	NI9203	Current
P5	cDAQ1Mod4/ai5	NI9203	Current
Wa	cDAQ1Mod4/ai0	NI9203	Current
Wf	cDAQ1Mod4/ai1	NI9203	Current
Thrust	cDAQ1Mod4/ai2	NI9203	Current

4. 데이터 분석 결과

시험장치 제작 완료 후 성능테스트를 수행하였다.

Figure 7은 대기온도 28.3 °C, 대기압력 101.1 kPa에서 추력(Thrust), 연료유량(Wf), 압축기출구 압력(P3), 터빈출구 압력(P5), 압축기출구 온도(T3), 터빈출구 온도(T5)의 데이터를 분석한 결과이다.



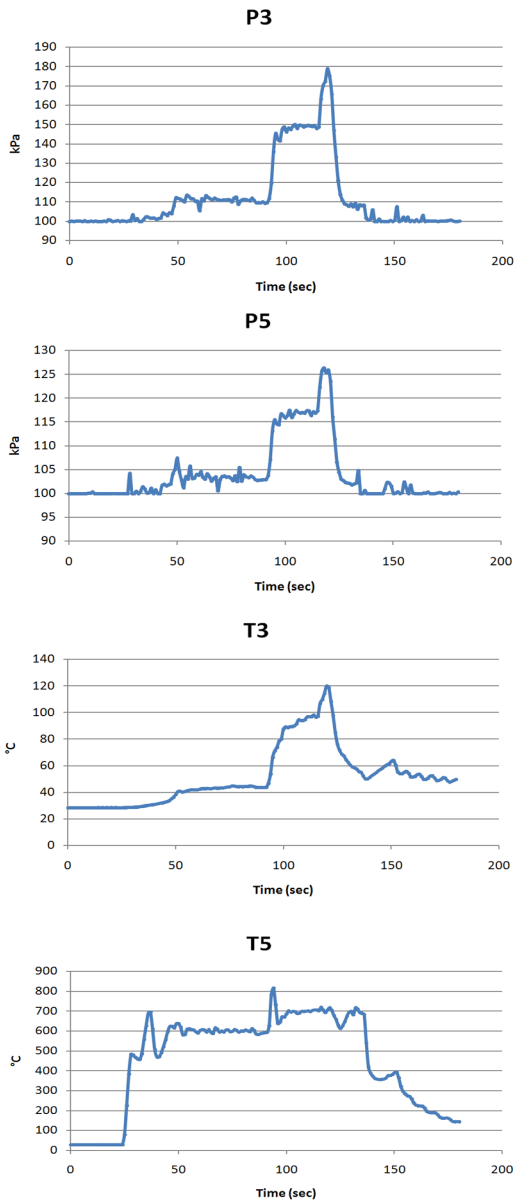


Fig. 7 Data Analysis Results

Figure 7의 연료유량(Wf) 그래프를 살펴보면 시동 후 30초까지는 프로판 가스가 공급되어 시동되기 때문에 연료유량의 변화가 없다가 30초 이후부터는 연료가 공급되기 시작하여 아이들 상태까지 가속되는 경향을 볼 수 있고 이에 따른 온도, 압력의 변화도 같은 경향임을 알 수 있다. 추후 엔진 제작사에서 데이터를 제공 받아

본 시험장치의 데이터와 비교 할 예정이다.

5. 결 론

본 시험장치는 가스터빈 엔진의 작동 원리 및 구조에 대한 기초 지식을 제공하고 성능 시험의 기술적 경험과 노하우를 축적하는데 활용하기 위하여 개발하였다.

30 lb 급의 소형 터보제트 엔진에 로드셀, 연료유량, 공기속도, 온도 및 압력 센서를 장착하고 계측되는 데이터는 실시간 모니터링과 수집이 가능하도록 NI의 DAQ 장치와 LabVIEW 프로그램을 이용하여 시험장치를 구성하였다.

제작 후 성능 시험 데이터 분석 결과 계측 데이터의 실시간 모니터링 및 수집이 가능함을 확인할 수 있었다.

추후 엔진 제작사의 성능 데이터와 비교 분석을 통한 검증과, 실시간으로 계측되는 데이터를 이용한 실시간 성능해석 프로그램을 개발하여 엔진의 상태를 예측할 수 있는 EHM(Engine Health Monitoring) 시스템 연구를 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

1. Walsh, P. P. and Fletcher, P., Gas Turbine Performance, 2nd ed., Blackwell Science Ltd., 2004
2. Liou, W. W. and Leong C. H., "Gas Turbine Engine Testing Education at Western Michigan University," AIAA-2007-703, January 2007
3. 임진식, 민성기, 김승우, 최태훈, 이시우, "제트엔진 개발규격 및 확인시험 체계," 한국추진공학회, 제 4회 학술대회논문집, 1995, pp.33-39
4. i-Jet 130 Manual Version 1.4, i-Complete Sdn Bhd, 2008
5. 박홍복, LabVIEW 8 그래픽컬 프로그래밍, 정익사, 2008