

80lbf급 소형 가스터빈 엔진의 성능 시험장치 개발

진학수* · 고성희* · 기자영* · 용승주* · 강명철* · 이은우*

Development of the Performance Test Cell Using the Small Gas Turbine Engine of 80 lbf-Thrust

Haksu Jin* · Seonghee Kho* · Jayoung Ki* · Seongju Yong* · Myoungcheol Kang* and Eunwoo Lee*

ABSTRACT

This test cell is developed to the institutes or laboratories research and study gas turbine engine for academic purpose with this test data to provide the fundamentals of operational mechanism and structural configuration, and further to verify thermodynamic calculation The test cell is installed to monitor and compare real-time data with reference engine model performance simulation data. using by NI DAQ(Data acquisition)device and LabVIEW program based on 80 lbf-micro turbojet engine.

초 록

본 시험장치는 가스터빈엔진의 이론적 열역학 계산을 실제 성능시험을 통해 비교해보고 관련 교육기관, 연구소 등에 가스터빈 엔진의 작동 원리와 구조에 대한 기초지식을 제공하도록 개발되었다. 추력 80lbf급 마이크로 터보제트 엔진을 대상으로 하여 NI DAQ(데이터 수집)장치와 LabVIEW 프로그램을 이용하여 실시간 계측되는 데이터와 기준 엔진 성능 시뮬레이션 데이터를 비교 할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

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

1. 서 론

본 시험 장치는 교육기관, 연구소 등에서 가스터빈 엔진의 작동원리를 이해하고 각종 시운전

을 통해 성능 시험의 기술적인 경험과 노하우를 축적하는데 활용될 수 있도록 개발되었다. 가스터빈 성능시험은 압축기 서지나 스톨과 같은 불안정 운전특성을 파악할 수 있으며 엔진의 작동 영역한계를 파악하기 위한 것으로 엔진뿐 아니라 센서, 계측장비, 데이터 획득 시스템, 전기, 전자 등 많은 요소기술을 필요로 한다[1][2]. 시

* (주)이지가스터빈
연락처, E-mail: jinjin4027@ezgtc.com

험기술은 많은 경험에 의한 노하우를 통해 축적되는 것으로 엔진의 개발과정뿐만 아니라 분해수리 후, 상용 엔진의 구매 후에도 수행되는 매우 중요한 절차이다[3].

따라서 본 연구에서는 초소형 가스터빈을 이용한 상태감시 시험장치 개발로 가스터빈 엔진의 작동 원리 및 구조에 대한 기초 지식을 제공하고 성능 시험의 기술적 경험과 노하우를 축적하는데 활용될 수 있도록 본 시험 장치를 개발하게 되었다.

2. 시험장치 제작

2.1 터보제트 엔진

본 시험장치에 사용된 AMT 사의 모델명: Titan은 추력 88.2 lbf (392 N)급의 소형 터보제트 엔진으로 주로 무선조종 혹은 무인 항공기 등의 추진 장치로 사용되고 있으며 Fig. 1과 같이 1단 원심압축기, 역류 애놀러형 연소실, 1단 축류 터빈으로 구성되어 있다[4]. 또한 연료 공급을 위한 연료펌프, 연료필터, 연료밸브 및 점화플러그, 스타터 모터 등의 부속품(액세서리)이 있으며 ECU에 의해 자동으로 제어된다.

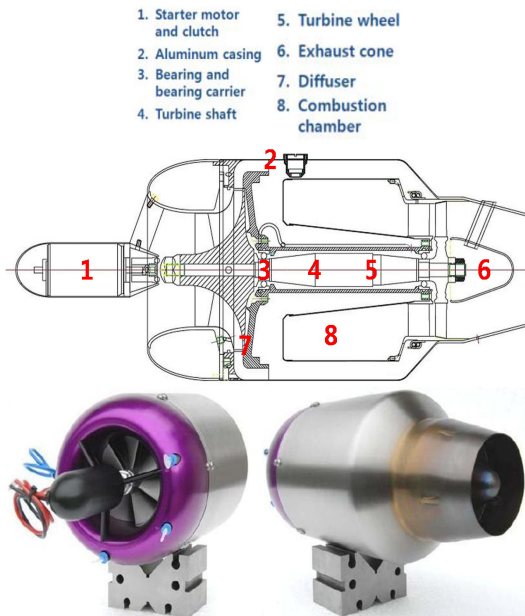


Fig. 1 Main components of the Titan

Table 1. Specification of Titan

Type	Turbojet
Compressor	1 stage centrifugal
Combustion Chamber	Reverse flow annular
Turbine	1 stage axial
Thrust (max.@98,000 rpm)	392 N (88.2 lbf)
Thrust (idle@30,000 rpm)	13 N (2.9 lbf)
Exhaust Gas Temperature(max.)	1053.15 K
Fuel Consumption	1120 g/min
Fuel	JP-4/petroleum/Jet A1
Pressure Ratio	3.8:1
Dimensions	147 mm \varnothing x 385 mm L

원활한 시동을 위해 시동 시에는 프로판 가스가 사용되고 아이들 이상 정상 작동 시에는 케로신 연료가 공급된다. Table 1에는 본 연구에 사용된 엔진의 주요 제원을 나타내었다.

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 최소화하기 위해 LM가이드(전동면 사이에 볼 혹은 롤러 등의 전동체를 삽입시켜 구름운동을 하므로 마찰저항이 매우 적음)를 사용하였다. Fig. 2는 설계된 추력대와 제작된 추력대를 나타내었다[4].

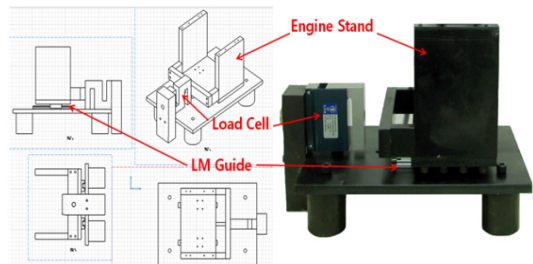


Fig. 2 Schematic diagram of the thrust stand

2.3 엔진 센싱 홀

엔진의 상태를 모니터링 하기 위해서는 주요 구성품의 적절한 위치에서 온도와 압력을 측정해야 한다. 따라서 Fig. 3과 같이 엔진의 케이싱에 온도와 압력을 측정하기 위한 센싱 홀을 가공하였다. 엔진의 정확한 상태 모니터링을 위해서 여러 포인트에서 측정하여야 하며 본 연구에서는 엔진의 형상 및 사이즈를 고려하여 최소한의 간섭을 허용하는 범위 내에서 압축기 입구 온도와 압력, 압축기 출구 온도와 압력, 터빈 출구의 온도와 압력을 측정하여 엔진의 상태를 모니터링 하였다[4].

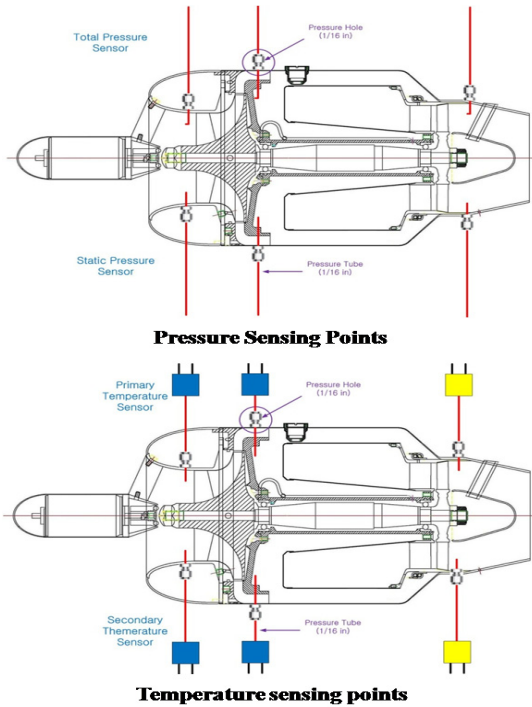


Fig. 3 Sensing Points

2.4 센서구성

Figure 4는 엔진 및 센서 배열을 보여준다. 엔진 추력은 로드셀에 의해 측정된다. 압력 센서는 압축기 입구(P1, P2), 압축기출구(P3, P4) 및 터빈 출구(P5, P6)의 전압 및 정압을 측정하기 위해 설치된다. 압력 튜브는 압력포트에 압력을 전달하기 위해 사용되었다. 압축기 입구(T1, T2), 압

축기 출구(T3, T4) 및 터빈 출구(T5, T6) 온도를 측정하기 위해 상용 열전대 T, K타입이 설치되었다. McMillan의 고성능 마이크로터빈 연료유량센서가 연료 공급량을 획득하기 위해 설치되었다.

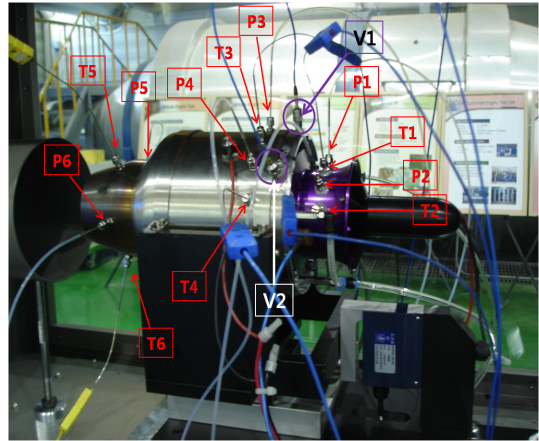


Fig. 4 Configuration of Each Sensors

2.5 진동 모니터링

회전체의 진동특성을 모니터링 하기 위해 Fig. 4에서와 같이 압축기 후단 케이스에 2개의 진동 센서(V1, V2)를 부착하고 진동 특성을 계측한다.

계측된 데이터는 DS NET 하드웨어를 이용하여 저장되고 NI LabVIEW를 이용하여 개발한 모니터링 프로그램을 통해 출력된다.

3. 엔진 상태모니터링

3.1 데이터 획득시스템

진동 데이터를 제외한 온도, 압력, 유량 및 추력 데이터는 데이터 로거의 사용 편리성, 저비용적인 측면과 모듈형 인스트루먼트의 우수한 성능, 유연성을 갖춘 NI CompactDAQ 하드웨어를 사용하여 획득되며 시험장치에서 계측되는 센서의 아날로그 신호를 USB의 간단한 플러그 앤 플레이로 빠르고 정확하게 측정 및 저장한다.

Figure 5는 NI CompactDAQ USB 데이터 획득 시스템이다.



Fig. 5 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

3.1 실시간 모니터링 시스템

실시간 모니터링 화면은 사용자가 엔진 테스트 중 실시간으로 계측되는 데이터를 한눈에 쉽게 읽고 확인할 수 있도록 배치하였다. 본 시험장치에서 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 6은 LabVIEW를 이용한 실시간 모니터링 및 데이터 저장 프로그램이다[5].

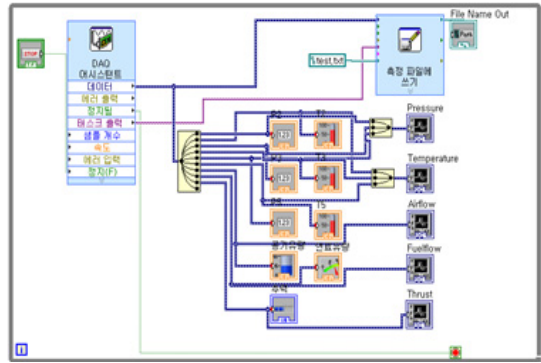


Fig. 6 Data Monitoring Program using LabView

4. 결 론

80lb급 소형 가스터빈 엔진의 추력, 온도, 압력, 연료유량, 진동 등을 계측하여 성능을 모니터링 하기 위한 시험장치를 구성하였다.

본 시험장치는 가스터빈 엔진의 작동 및 구조에 대한 기초지식과 성능시험에 대한 경험을 제공하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- Walsh, P. P. and Fletcher, P., Gas Turbine Performance, 2nd ed., Blackwell Science Ltd., 2004
- Liou, W. W. and Leong C. H., "Gas Turbine Engine Testing Education at Western Michigan University," AIAA-2007-703, January 2007
- 임진식, 민성기, 김승우, 최태훈, 이시우, "제트엔진 개발규격 및 확인시험 체계," 한국추진공학회, 제 4회 학술대회논문집, 1995, pp.33-39
- 고성희 외 4인, "교육용 마이크로 가스터빈 엔진 성능 시험장치 개발," 한국추진공학회 추계학술대회 논문집, 2008
- 박홍복, LabVIEW 8 그래픽컬 프로그래밍, 정의사, 2008