

연소기 연소시험설비 고주파 계측 시스템 설계

안규복* · 강동혁* · 최환석*

Design of High-Frequency Data Acquisition System for Combustor Combustion Test Facility

Kyubok Ahn* · Donghyuk Kang* · Hwan-Seok Choi*

ABSTRACT

The high-frequency data acquisition system of the rocket engine test facility has been updated to perform hot-firing tests of 7 ton-class liquid rocket engine combustion chambers which will be used for the third stage of the Korea space launch vehicle II. The paper deals with the design of the updated high-frequency data acquisition system and explains its main functions.

초 록

한국형발사체 3단에 사용될 7톤급 액체로켓엔진 연소기의 연소시험을 위해 기존 지상연소시험장 고주파 계측 시스템을 개량하였다. 본 논문에서는 개량된 고주파 계측 시스템의 설계 및 주요 기능을 설명하였다.

Key Words: Liquid Rocket Engine Combustion Chamber(액체로켓엔진 연소기), Combustion Test Facility(연소시험설비), High-Frequency Data Acquisition System(고주파 계측 시스템)

1. 서 론

한국항공우주연구원에서는 한국형발사체 3단에 사용될 7톤급 액체로켓엔진 연소기 개발을 수행 중에 있다[1]. 설계, 제작된 연소기는 요구되는 작동영역 내에서 수많은 단독 연소시험을 통하여 성능과 신뢰성이 입증된 후, 터보펌프, 가스발생기 등과 함께 엔진에 결합되어 시험을 수행하게 된다[2, 3]. 따라서 연소기 개발 과정에

서 연소시험은 매우 중요한 단계로, 설계된 연소기의 성능 입증과 더불어 다시 설계에 피드백을 제공하는 역할을 한다.

한국항공우주연구원 내 지상연소시험장에서는 액체로켓 연소기의 연소 안정성을 판단하기 위해 연소기 및 주변 설비로부터 발생하는 동압 및 가속도를 측정하는 고주파 계측 시스템이 사용되어 왔다. 원내 지상연소시험장에 사용되었던 기존 고주파 계측 시스템은 7톤급 연소기의 long-duration 연소시험에 사용하기에는 용량이 부족하여 개량이 필요하였다. 한국형발사체 3단 엔진에 사용될 7톤급 연소기는 회당 200초 이상

* 한국항공우주연구원 연소기팀

† 교신저자, E-mail: kbahn@kari.re.kr

의 연소시험이 지상연소시험장에서 수행될 예정이므로, 최대 48 채널로, 500초 정도의 고주파 데이터를 높은 신뢰도로 계측, 저장할 수 있는 새로운 고주파 계측 시스템의 구축이 필요하였다. 따라서 보다 안정적이고 신뢰성 있는 고주파 계측 시스템을 구성하여 시간 영역 및 주파수 영역에서의 신호 감시를 통해 연소불안정, 일부 부품 파손 등에 의한 사고를 미연에 감지하고, 기록된 고주파 데이터를 분석하여 연소기 설계에 피드백을 수행할 수 있는 고주파 계측 시스템을 구축하는 것을 목적으로 하였다.

2. 고주파 계측 시스템 설계 및 구현

개발된 지상연소시험장 고주파 계측 시스템은 액체로켓엔진 연소기 연소시험 시 48개 채널의 동압, 가속도 데이터를 실시간으로 감시할 수 있도록 하였으며, 최소 3 채널에 대해서는 FFT를 수행하는 실시간 주파수 분석이 가능한 시스템을 구현하였다. 이를 위해 계측 하드웨어는 National Instruments(NI)의 PXIe-1082, PXIe-8133, PXIe-6358, BNC-2090A로 구성되었으며, data server는 Dell T1600 Workstation을 선정하였다. 계측, 저장, 분석, 비상정지 소프트웨어 개발은 Labview 2011 버전을 이용하여 프로 그래밍 되었다.

화면 구성은 사용자가 편리하게 채널별로 그룹화하여 변경, 설정할 수 있도록 하였으며, 그룹화된 데이터를 각 탭별로 구별하여 실시간 관측할 수 있도록 하였다. 측정된 데이터는 실시간으로 모니터링 시스템(data server)에 전달, 분석되며, raw data는 만약의 상황에 대비해 손실 없이 NI 장비에 별도로 저장 및 관리되도록 하였다. 고주파 계측 시스템은 채널당 50 kHz로 샘플링되어 저장된다. 계측 시 NI 장비에 저장된 데이터를 시험 종료 후 확인할 수 있는 분석 기능이 포함되었으며, 저장된 데이터는 post processing을 위해서 60 초 단위로 채널별 묶음 형식으로 Ascii 파일로 data server에 변환 저장되도록 하였다. Analysis 기능에는 시험 결과의

간단한 분석을 위한 데이터 처리(bandpass filter, FFT 등)의 기능이 구현되었다.

지상연소시험장 고주파 계측 시스템은 비상정지 기능(watchdog)을 포함하였다. 연소기 연소시험 중 예측하지 못한 연소불안정으로 인한 동압/가속도 섭동을 감시하여 비상상황 발생 시 최단시간에 비상정지 신호를 제어 컴퓨터(PLC)에 전송하여야 한다. 시간 영역에서의 고주파 신호 감시 방식으로는 한 번에 읽어 들이는 단위판단 시간당 1000개의 데이터 중에서 상기의 고주파 동압 및 가속도 비상정지 설정 진폭 이상으로 판단되는 데이터의 개수를 카운트하여, 이것의 합산 개수가 사용자가 정의하는 특정 개수 이상이 될 때에 비상정지 상황으로 판단하게 된다. 이 기능은 순간적인 surge의 형태로 나타나는 전기 노이즈에 의한 비상정지의 오작동을 방지하기 위한 기능이다.

주파수 영역에서의 고주파 신호 감시 방식은 획득되어진 1000개의 신호를 실시간 신호처리기에서 이산푸리에 변환을 이용해서 주파수 영역으로 변환하여, 특정 설정 주파수 범위에서의 스펙트럼의 최고치가 상기의 고주파 동압 및 가속도 비상정지 설정 진폭보다 커지는 경우에 비상정지 신호를 발생시키는 방식이다. 특정 주파수 영역에서 압력 혹은 가속도 값이 상한치 이상이 되었을 경우에 실시간 신호처리기에서 비상정지 여부를 결정할 수 있다. 주파수 공간에서의 진폭 설정 값 또한 사용자 설정이 가능하도록 하였다. 개발된 지상연소시험장 고주파 계측 시스템의 하드웨어와 소프트웨어의 모습을 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다.

3. 결 론

한국형발사체 3단에 사용될 7톤급 액체로켓엔진 연소기의 연소시험을 위해 지상연소시험장 고주파 계측 시스템을 개발하였다. 고주파 계측 시스템은 앞으로 설계, 제작될 7톤급 연소기의 연소시험 시 연소불안정, 일부 부품 파손 등에 의한 사고를 미연에 감지하고, 기록된 고주파 데



Fig. 1 Hardware of High-Frequency Data Acquisition System

이터를 분석하여 연소기 설계에 필요한 피드백 데이터를 제공할 것이다.

제10호, 2009, pp.1027-1037

참 고 문 헌

1. 안규복, 김종규, 김성구, 최환석, "7톤급 연소기 재생냉각 연소실 설계, 해석, 제작," (to be submitted to) 제38회 한국추진공학회 춘계학술대회 논문집, 2012
2. 김종규, 안규복, 임병직, 김문기, 한영민, 최환석, "75톤급 액체로켓엔진 연소기 저압연소시험," 한국추진공학회 춘계학술대회, 2010. 05, pp.10-13
3. 최환석, 한영민, 김영목, 조광래, "추력 30톤급 액체산소/케로신 로켓엔진 연소장치 개발(I)-연소기", 한국항공우주학회지, 제37권,

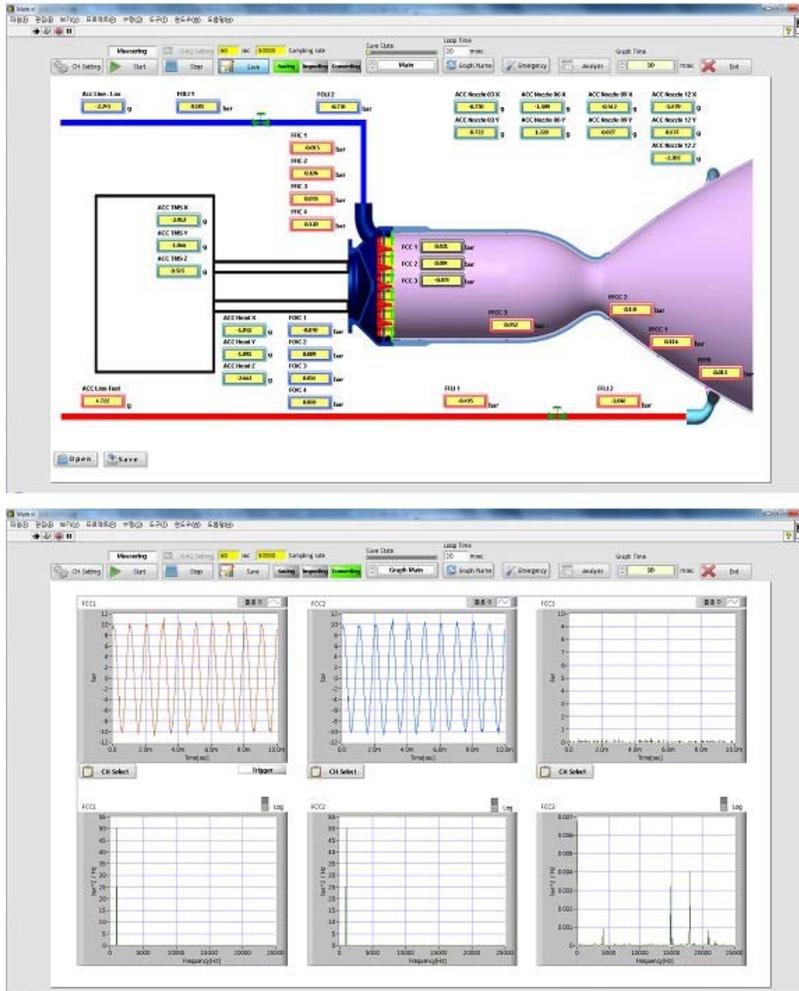


Fig. 2 Software of High-Frequency Data Acquisition System