

고체모터 플렉시블 씬을 위한 수압시험장치 개발

권태훈* · 노태호* · 김병훈** · 조인현**

Development of Hydraulic Testing Machine for Flexible Seal on Solid Rocket Motor

Taehoon Kwon* · Taeho Rho* · Byunghun Kim** · Inhyun Cho**

ABSTRACT

Movable nozzle with a flexible seal have been used for Thrust Vector Control of the Solid Rocket Motor. The Hydraulic Testing Machine is consisted of Chamber, Actuator, Counterpotentiometer, and evaluates performance of Flexible seal for spring torque and axial compression. The qualification test of Flexible seal was conducted on design condition. A study fix up method of formulation, operation, inspection on Hydraulic testing machine.

초 록

고체 모터의 연소 중 피치, 요 축의 추력 제어를 위해 플렉시블 씬을 사용하였다. 수압시험장치는 챔버, 구동기, 카운터포텐시어미터 등을 이용한다. 압력별 구동 토크 측정 및 축방향 밀립량 측정을 수행하여 구동 성능을 평가한다. 시험 결과 플렉시블 씬의 성능은 설계 조건을 만족하며 수압시험장치가 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다. 본 연구에서는 플렉시블 씬의 성능을 측정하기 위한 수압시험 장치의 구성, 작동 방법, 성능 검증 방법을 정리하였다.

Key Words: Solid Rocket Motor(고체 추진기관), Flexible Seal, Actuator(구동기), Spring Torque(구동 토크), Axial Compression(축방향 밀립)

1. 서 론

플렉시블 씬(Flexible Seal)은 1963년 John T. Herbert에 의해 개발되어 현재까지 많은 고체 모터에 성공적으로 사용되고 있는 추력제어 시

스템이다. 이것은 액체분사 추력제어 시스템(LITVC)에 비해 비교적 추력 손실 및 무게가 작고, 시스템이 간편하여 신뢰성이 매우 뛰어난 것으로 알려져 있다.[1],[2]

플렉시블 씬은 노즐의 고정부(Fixed Part of Nozzle)와 운동부(Movable part)사이에 위치하며, 연소실에서 생성되는 연소 압력에 의한 축방향 압축 및 구동 장치에 의해 생성되는 구동력에 유연하게 움직여야 하며, 추진기관 연소중

* (주)한화 대전공장 개발부

** 한국항공우주연구원 추진제어팀

연락처, E-mail: alkaid@hanwha.co.kr

연소가스의 누출을 방지해야하는 견고한 특성을 만족해야 한다.

따라서 플렉시블 셀의 성능을 검증하기 위한 시험 장치는 수압을 이용하여 연소압력과 유사한 환경을 구현해야하며 장착시 실제와 같은 제원으로 구동기 및 카운터포텐시어미터를 이용하여 구동 시험을 수행해야한다.

본 논문에서는 플렉시블 셀의 구동토크 및 축방향 밀립량 측정을 위한 수압시험장치에 대해 장치 구성, 성능, 운용 방법 및 성능 검증 방법에 관해 연구하였다.[3]

2. 본 론

2.1 시험장치 구성

수압시험장치는 크게 수압시험챔버, HPU, 구동장치, 데이터 분석장치의 4가지로 구성되어 있다. 수압시험챔버는 플렉시블 셀, 구동기, 카운터포텐시어미터, 경사도계, 비접촉식 변위 측정기, 노즐 모사체를 장착하여 구동시험을 수행한다. HPU는 유압발생장치로 구동기에 유압을 공급하여 플렉시블 셀을 움직일 수 있도록 한다. 데이터 분석장치는 유압 서보 밸브의 제어 신호 출력과 각종 센서 신호에 대한 데이터를 획득하고 처리할 수 있는 장치를 말한다. 구동장치는 수압시험챔버에 장착되는 구동기, 카운터포텐시어미터, 경사도계로써 구동 및 오차 보정을 수행한다.



Fig. 1 수압시험챔버 및 구동장치 구성

2.1.1 수압시험챔버

수압시험챔버는 연소관 후방부 형상을 모사하여 Fig. 2와 같이 플렉시블 셀 및 구동 장치를 설치할 수 있도록 했으며 내부공간에 물을 주입하여 수압을 이용해 연소실 압력과 같은 환경으로 시험할 수 있도록 구성하였다.

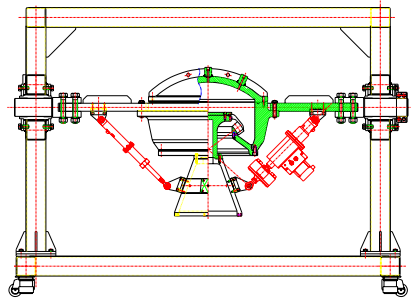


Fig. 2 수압시험챔버 구성도

2.1.2 HPU

HPU(Hydraulic Power Unit)는 구동기에 유압을 공급하여 힘을 낼 수 있도록 하는 장치로 Fig. 3과 같다. 주요 구성품으로는 작동유를 공급하는 유압펌프, 유압펌프를 구동하기 위한 전동모터, HPU 가동시 순간적인 유량부족을 보충하기 위한 축압기(Accumulator), 작동유가 설정 온도 이상으로 상승하는 것을 방지하는 공랭식 쿨러, 작동유 온도를 감지하여 히터가동과 오일쿨러 가동을 결정하는 온도센서, 가압된 작동유를 구동장치로 보내기 전 작동기를 보호하기 위한 압력필터, 가압 역할을 마친 작동유가 오일탱크로 복귀시 청정도 유지를 위한 리턴필터로 구성되어 있다.



Fig. 3 HPU 형상

2.1.3 구동장치

구동장치는 플렉시블 썰을 입력과형에 맞춰 작동할 수 있도록 하며 다음과 같이 구성되어 있다.

구동기(Actuator)는 유압서보작동기를 이용해 입력과형에 따라 유압공급을 조절할 수 있는 장치로써 구동에 따른 힘을 측정하기 위해 인장, 압축 측정이 가능한 로드셀이 부착되어 있다.

카운터포텐시어미터(Counterpotentiometer)는 입력과형에 따라 구동기와 동시에 작동하며 내부의 선형 포텐시어미터에서 측정된 신호를 이용하여 구동기 작동시 발생하는 오차를 수정하는 역할을 한다.

제어박스는 Fig. 4와 같은 형상이며 구동기 제어신호의 입출력 및 각종 센서 신호의 입력을 받는 역할을 한다. 현재 적용하는 제어방식은 폐루프(Closed Loop)구동을 수행할 수 있는 것이다. 일반적으로 정밀하지 않을 경우 구동기의 작동만으로 임무를 수행하게 되나 플렉시블 썰을 적용한 구동은 썰에 적용된 고무의 비선형성, 형상 비선형성이 존재하며 또한 구동이 발생시키는 Pivot point 이동에 따른 구동 비선형성이 존재하기 때문에 카운터포텐시어미터를 이용한 폐루프 구동이 필요하게 된다. 또한 오차수정을 위해 초기 위치를 조정하여 정확한 구동시험을 수행할 수 있도록 한다.



Fig. 4 제어박스 형상

2.1.4 데이터 분석장치

데이터 분석장치는 유압 서보 밸브의 제어 신호 출력과 각종 센서 신호에 대한 데이터를 획득하고 처리할 수 있는 장비이며 전체 시스템 구성은 Fig. 5와 같다.

BlockDiagram

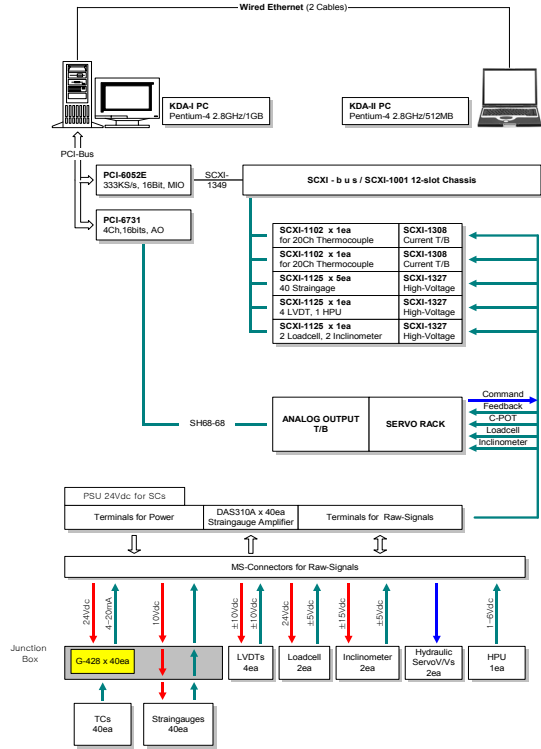


Fig. 5 시스템 구성

응용 소프트웨어에서 생성시킨 구동과형을 Fig. 6과 같은 제어보드를 통해 출력하여 구동기 및 카운터포텐시어미터의 작동에 따른 입력값을 받아들이며 오차를 보정한 후 다음 단계의 구동 신호를 출력한다. 동시에 스트레인게이지와 열전대 각각 40채널을 측정할 수 있어 시험시 발생하는 변형률이나 온도를 측정할 수 있다.

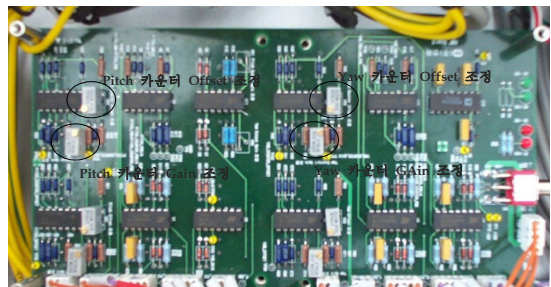


Fig. 6 제어보드 형상

2.2 시험장치 운용

구동은 데이터 분석장치에 내장된 운용 소프트웨어를 이용하여 생성시킨 입력신호를 바탕으로 움직이게 된다. 입력신호는 크게 Sine파형, 선형파형의 조합을 바탕으로 구동성능 검증에 적용하게 되는 작동 시나리오를 Fig. 7과 같이 생성시킬 수 있다.

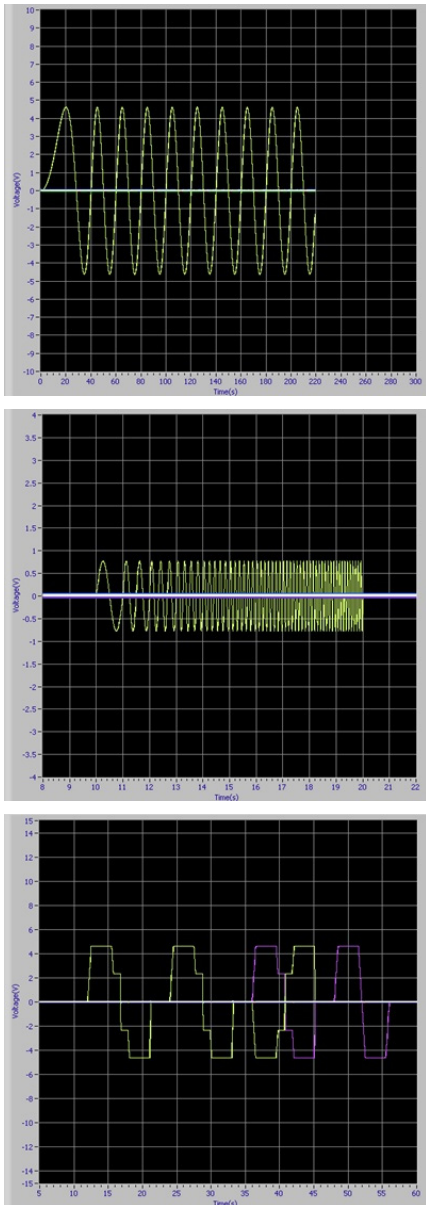


Fig. 7 입력 구동 파형

3. 결 론

현재 개발중인 플렉시블 쉘의 성능 검증을 위해 수압시험장치를 개발하여 성능시험을 수행하였다. 수압시험장치를 통해 플렉시블 쉘이 작동하는 압력, 구동환경을 구현하여 작동 조건에 부합하는 정상 작동 여부를 검증하였다.

또한 수압시험장치 운용을 통해 구동시 운용 절차 및 발생할 수 있는 문제점을 파악할 수 있었다.

추후 수압시험장치 설계, 제작시 본 연구를 바탕으로 제어알고리즘 개선, 구동기 장착 오차 개선등을 고려하여 설계를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

1. Leonard H. Caveny, Robert L. Geisler, Russell A. Ellis and Thomas L. Moore, "Solid Rocket Enabling Technologies and Milestones in the United States" Journal of Propulsion and Power, Vol. 19, No. 6, 2003
2. Shimon Shani, Shlomo Putter and Arie Peretz "Development of a High-Performance Flexible Joint for Thrust Vector Control" AIAA Paper 95-3017
3. NASA, "Solid rocket thrust vector control", SP-8114