

# 우주발사체용 추력벡터제어 시스템 및 제어밸브류 개발 현황 소개

이제동\* · 박봉교\* · 박호열\* · 김상범\* · 전필선\*\* · 장기원\*

## Introduction of Thrust Vector Control System and Control Valve Development for Space Launch Vehicles

Jedong Lee\* · Bongkyo Park\* · Hoyoul Park\* · Sangbeom Kim\* · Pilsun Jun\*\* · Kiwon Jang\*

### ABSTRACT

This paper is to introduce Hanwha Aerospace R&D Center's development status of TVC(Thrust Vector Control) system and control valves for Korean space launch vehicles. With the successful development of KSR-III TVC system, Hanwha have developed TVC system and RCS control valves for KSLV-I. Also, in the advance research area of KSLV-II, Hanwha have participated in LOx and fuel flow control valves and LOx shut-off valve development in the engine supply system. Based on the accumulated experiences and technologies in the aerospace key components and system development, Hanwha will make an important contribution to KSLV-II development in the future.

### 초 록

본 논문에서는 한국형 우주발사체의 TVC 시스템 및 제어밸브류 분야에서 (주)한화 항공우주/기계연구소의 개발 현황을 소개하고 있다. KSR-III TVC 시스템의 성공적인 개발을 기반으로 당소는 KSLV-I의 TVC 시스템 및 RCS 계통의 제어밸브들을 개발하였으며 KSLV-II의 선행 연구로서 엔진 공급 계통의 산화제 및 연료 유량제어밸브와 산화제 개폐밸브의 개발에 참여하고 있다. 항공우주 핵심 구성품 및 시스템 개발 분야에서의 축적된 경험과 기술력을 바탕으로 한화는 향후 KSLV-II 개발에 일익을 담당하고자 한다.

Key Words: KSR-III, KSLV-I, KSLV-II, Thrust Vector Control(추력벡터제어), Reaction Control System(추력기 자세제어 시스템), Engine Supply System(엔진 공급 계통), Control Valve(제어밸브)

### 1. 추력벡터제어 시스템 개발

\* (주)한화 항공우주/기계연구소

\*\* (주)한화 항공우주/기계연구소

연락처, E-mail: pilsjun@hanwha.co.kr

#### 1.1 과학로켓 3호 (KSR-III)

2002년 11월에 발사된 관측 로켓으로서, 최초

의 액체연료 로켓인 KSR-III에 사용된 Gimbal Engine Actuation System은 1999년에서 2001년까지 로켓의 추력의 방향을 조절할 수 있도록 연구 개발되었다. 크게 구동장치 계통, 유압동력 발생 계통의 2가지 계통으로 나눌 수 있으며 Table 1에 각 계통별 주요 연구 개발 품목을 정리하였다.

Table 1. Components of KSR-III TVC System

| 구분     | 주요 연구 개발 품목  |
|--------|--|
| 구동장치   | - 전기-유압식 서보작동기<br>- 서보 제어기                             |
| 유압동력발생 | - EMDP 유압동력 발생장치<br>- 저유기 / 축압기<br>- GSE다기관<br>- 배관조립체 |

## 1.2 한국형 발사체 (KSLV-I)

앞의 KSR-III Gimbal Engine의 추력벡터제어의 경험을 살려 2003년부터 2008년까지 한국형 발사체 상단 Kick motor의 추력벡터제어 시스템을 연구 개발하였다. 최대 정지 토크는 300 kgf·m, 최대 무부하 각속도는 20 °/s이며, 0.5 % 이내의 Linearity를 갖도록 설계 및 제작되었다. 주요 연구 개발 품목은 Table 2와 같으며, 개발품의 장착 위치 및 시험모습은 Fig. 2와 같다.

Table 2. Components of KSLV-I TVC System

| 구분     | 주요 연구 개발 품목   |
|--------|---|
| 구동장치   | - 전기-유압식 서보작동기<br>- 카운터 포텐시미터<br>- 구동장치용 DSP 제어기  |
| 유압동력발생 | - BLDC EMDP 유압동력 발생장치<br>- BLDC EMDP 제어기<br>- 동력릴레이<br>- 저유기 / 축압기<br>- GSE다기관 / 분배다기관<br>- 배관조립체 |

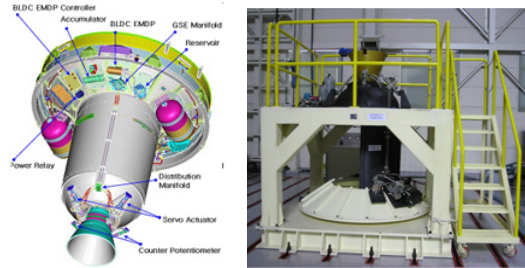


Fig. 2. KSLV- I TVC System / TVC System Test Rig

## 2. 제어밸브류 개발

### 2.1 추력기 자세제어 시스템 계통

KSLV-I 상단 RCS는 무추력구간에서의 3축 자세제어와 추력구간에서의 롤 자세제어를 수행하며, 이를 위해서 고압의 질소가스(GN2)를 이용하는 추력기 자세제어 시스템이 적용되었다.

Fig. 3은 고압용기, 래치밸브, 압력조절기, 추력기 등으로 이루어진 KSLV-I 냉가스 추력기 자세제어 시스템을 보여주고 있다[1]. 한화에서는 시스템 운용 시 압력조절기에 고압 질소가스를 공급 또는 차단해주는 기능을 수행하는 래치밸브(Latch Valve)와 이 래치밸브를 통해서 공급되는 고압질소 가스를 추력기에서 요구되는 압력으로 감압하는 기능을 수행하는 압력조절기(Pressure Regulator)를 개발하였다.

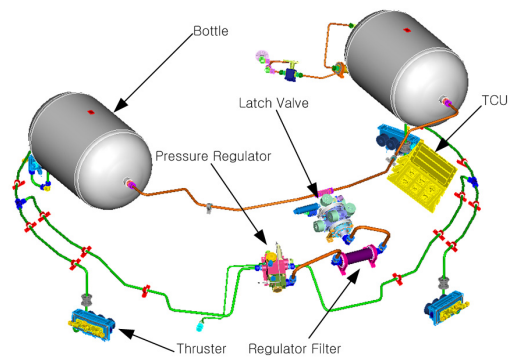


Fig. 3 Reaction Control System of KSLV-I

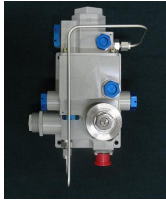


Fig. 4. Pressure Regulator / Latch Valve for KSLV-I RCS

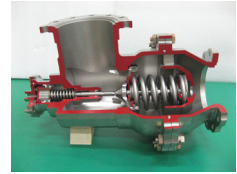


Fig. 5. LOX Flow Control Valve / Main Oxidizer Valve

## 2.2 엔진 공급 계통

KSLV-II 적용을 위한 선행 연구개발로서 2005년부터 항우연과 공동으로 Table 3과 같은 엔진 공급 계통의 제어밸브들을 개발 중에 있다.

Table 3. Control Valve for Engine Supply System

| 구분  | 주요 연구 개발 품목                            |
|-----|--|
| 극저온 | - 가스발생기용 산화제 유량제어밸브<br>- 연소기용 산화제 개폐밸브 |
| 상온  | - 가스발생기용 연료 유량제어밸브<br>- 연소기용 연료 유량제어밸브 |

산화제/연료 유량제어밸브는 Inline Poppet Type의 밸브로서 전기-기계식 작동기(EMA)에 의한 Rack-pinion 메카니즘으로 유량제어가 이루어지게 된다. 현 개발품은 내구성시험을 포함한 인증시험을 모두 완료하였고 항우연 PTF 시험을 거쳐 향후 엔진 지상시험 튜닝에 적용될 계획이다. 산화제 개폐밸브는 외부의 He 가스 공급에 의해 작동되는 Normal Closed Type의 Shut-off 밸브로서 TM 및 EM의 2차례에 걸친 개발 과정을 통해 확인된 인증시험 결과를 바탕으로 현재 설계를 업데이트 하고 있다[2]. 또한, 지속적인 Pilot 압력 공급 없이도 Self-sustain이 가능하며 자체적으로 엔진 Chill-down을 공급해주는 Type의 밸브도 동시에 개발을 수행 중에 있다.

## 3. 결 론

당소는 항공분야의 유압부품 및 시스템 개발 기술과 경험을 바탕으로 KSR-III 와 KSLV-I 추력벡터제어 시스템의 성공적인 개발을 완료하였으며 최종적으로 나로호 발사를 통해 그 성능이 입증되었다. 제어밸브류 분야에서는 KSLV-I RCS 계통의 래치밸브와 압력조절기 개발을 담당하였고 KSLV-II 적용을 위한 선행 연구개발로서 엔진 공급 계통의 산화제/연료 유량제어 밸브와 산화제 개폐밸브를 개발하고 있다.

본 논문에서 소개한 두 분야의 연구개발 사례 외에 그 동안의 각종 항공우주 핵심 구성품 및 시험 설비 개발실적을 근간으로 한국형 우주발사체 개발에서 더 큰 역할을 담당할 수 있는 준비를 하고 있으며 이를 위해 전사적인 역량을 기울여 매진하고자 한다.

## 참 고 문 헌

1. 김지훈, 정호락, 전상운, 최형돈, "KSLV-I 상단 냉가스 추력기 자세제어 시스템용 압력조절기 개발", 한국항공우주학회 2008년도 추계학술발표회, 2008, pp. 1040~1143.
2. HY Park, YW Bae, KI Jang, ST Lee, MG Hong, SY Lee, "Development of a Main Oxidizer Shut-off Valve for Liquid Rocket Engine", IAC-09-C4.P.3, 60th IAC, October 2009