

정지궤도 인공위성용 이원추진시스템 부품 조사

채종원*

A Survey of the Current Components of Bipropellant Propulsion System for Geosynchronous Satellites

Jongwon Chae*

ABSTRACT

In this paper a survey was conducted to find out the current components of bipropellant propulsion system for geosynchronous satellites. The purpose of the survey is to list up the alternative components corresponding to the components of chemical propulsion system (CPS) of the communication, ocean, and meteorological satellite (COMS), so that the criterion of survey is whether the alternative components can be applicable to COMS CPS or not. The survey results are described in component-by-component way and the short descriptions of each component and its companies are added. This paper can be useful for beginning a market survey and have a good understanding of the components of bipropellant propulsion system.

초 록

본 논문에서는 정지궤도 인공위성용 이원추진시스템 부품 기술동향 조사 결과를 실었다. 이번 조사의 목적은 통신해양기상위성(COMS)의 화학추진시스템(CPS) 부품의 대체부품 목록을 작성하는 것이며, 따라서 조사 기준은 대체부품이 통신해양기상위성 화학추진시스템 부품에 대한 적용 가능성 여부이다. 조사결과를 부품별로 정리하였고 간단한 부품설명과 부품제조회사의 설명도 포함하였다. 본 논문은 시장조사 착수 시 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단되고 이원추진제 추진시스템 부품의 이해도를 높이는데 사용될 수 있다.

Key Words : Bipropellant Propulsion(이원추진제 추진시스템), Component(부품), Geosynchronous Satellite(정지궤도 위성)

* 채종원, 한국항공우주연구원 통신해양기상위성사업단 통해기체계팀
firstbel@kari.re.kr

1. 서론

COMS 추진시스템에 사용된 부품과 대체부품을 COMS RFP Proposal(EADS Astrium, Alcatel Space, SS Loral, IAI/MBT, Orbital)의 추진시스템 부품 제안과 NASA JPL의 화학추진(Cheical Propulsion)의 화학추진 관련 회사목록, 과학기술부-한국과학재단지정 항공우주연구정보센터(Aerospace Research Information Center)의 정보를 바탕으로 조사하였다. 각 부품은 필수요구사항을 기준으로 조사하였다. 하지만 기술보안 등의 이유로 각 부품의 필수요구사항에 대한 기술은 생략한다. 아래와 같은 순서로 부품을 설명하였다.

1. 추진제 탱크 (Propellant Tank)
2. 가압제 탱크 (Pressurant Tank)
3. 액체원지점엔진 (Liquid Apogee Engine)
4. 반동제어추력기 (Reaction Control Thruster)
5. 래치 밸브 (Latch Valve)
6. 역지(逆止)밸브 (Non Return Valve, NRV or Check Valve)
7. 파이로 밸브 (Pyrotechnic Valve)
8. 압력계 또는 압력 변환기(Pressure Transducer)
9. 압력조절기 (Pressure Regulator)
10. 필터 또는 여과기 (Filter)
11. 주입/배출 밸브 (Fill/Drain Valve) 또는 서비스 밸브 (Service Valve)

2. 본 문

각 부품들은 일반적인 개요를 기술하고 부품회사들과 비행이력부품 순으로 설명한다. 각 부품별로 필수요구사항과 부품의 사양설명 및 그림은 기술보안과 분량제한 때문에 생략했다. 일부 부품의 자료 부족 때문에 그 부품의 비행이력을 생략했다.

2.1 추진제 탱크

탱크 용량은 주로 궤도전이 및 임무에 따라 정해지며, 전이궤도와 궤도상에서 기포 없는 추진제 공급을 위한 추진제관리장치(Propellant Management

Device, PMD)가 필수적이고, 추진제의 출렁거림(Liquid Sloshing)을 제한하는 장치 또는 방법 등이 필요하다. 탱크는 추진제 MMH와 NTO에 적합하여 하고 추진제 교환에도 적합하여야 한다. 장착방법도 여러 가지가 있으며 주로 탱크의 주입/배출밸브가 있는 부분을 잡는 폴라 마운팅(Polar Mounting)과 탱크 옆면을 잡는 사이드 마운팅(Side Mounting)이 대표적인 예들이다.

- MSP (Man Technologie Satellite Products Ltd., MTSP)는 OHB Technology AG의 계열사인 MT Aerospace AG의 자회사로서 인공위성에 사용하는 구조, 추진제 저장 탱크 및 압력 용기를 개발 및 제작한다. EADS Astrium이 추진제 탱크를 설계 및 주문하고 MSP가 제작한다. 이 회사는 추진제관리장치에 대한 전문적인 기술을 가지고 있다. 하지만 MSP의 회사 공식홈페이지가 아직 없어 COMS SDR과 PDR의 사진 몇 장 이외에는 필요한 정보는 확보할 수 없는 상태이다. 비행이력(Flight Heritage) : Eurostar 3000
- EADS Space Transportation는 EADS SPACE의 계열사로서 40 여 년 넘게 우주추진시스템과 우주 부품을 설계, 개발, 생산 및 시험하는 회사이다. Ariane 5 발사체의 연소실(Thrust Chamber), 인공위성 및 우주비행체의 자세제어시스템에 대한 종합적이고도 전문적인 기술을 가진 회사이다. 로켓 엔진, 연소실, 인공위성 추진시스템, 추력기, 이온 추진시스템, 추진제 탱크, 밸브류, Hot-fire 시험 등을 제작 및 제공한다. 구체적으로 냉가스, 전기 및 화학(단일추진제/이원추진제) 추진시스템 등의 폭 넓은 추력기들을 가지고 있다. 또한 인공위성용 UPS(Unified Propulsion System)을 설계하고 생산하고 있다. 우주부품으로는 파이로 밸브, 래치 밸브, 추력기 밸브, 압력 조절기, 방화보호 장비(Fire-Proof Protections), 내열재료(Thermal protection materials), 안테나 반사판(Antenna Reflector), 가압제용 고압탱크(High Pressure Lined Composite Tanks) 및 추진제 탱크 등이 있다. 추진제 탱크는 블래더 탱크(Bladder Tanks, 39 L), 표면장력 탱크 (Surface Tension Tanks, 78 L, 235 L, 235-516 L, 700-1108 L, 769 L, 1207 L),

회전안정화 탱크(Spin Stabilized Tanks, 218 L) 등이 있다. 비행이력 : Eurostar 3000, Arabsat 2/Astra 1K/StarOneC1

- ATK(ATK Space Systems, Inc.)는 우주산업용 추진제 탱크와 가압제 탱크로서 가장 큰 회사이다. 1963년 회사 설립 이후 약 5,000 개의 탱크를 제작해 왔다. PSI(Pressure Systems Inc.)는 ATK의 자회사로서 추진제 탱크, 탄성 격막(Elastomeric Diaphragms) 또는 추진제관리장치를 장착한 추진제 탱크, 가압제 탱크, 크세논(Xenon) 탱크와 모터 케이스 생산라인을 갖고 있다. 전체 금속, 복합 오버랩, 또는 부분적인 복합 오버랩과 금속선(Metal Liner)을 감은 하이브리드 형태의 탱크 쉘(Tank Shells)를 제공한다. 추진제 탱크 용량 면에서 COMS 추진계에 비근한 추진제 탱크로 현재 3가지 형태의 추진제 탱크가 있다. 하지만 ATK-PSI P/N 80352-1 추진제 탱크는 용량 면에서 650 L 이하로 비슷하지만 탱크 모양과 마운팅 방법이 다르다. ATK-PSI P/N 80395-1 추진제 탱크는 용량 면에서 650 L 이상으로 초과하고 마운팅 방법 또한 다르다. ATK-PSI P/N 80399-1 추진제 탱크는 용량 면에서 580 L 이하이다. 비행이력 : N-STAR c, PanAmSat, TELKOM-2, OPTUS D1/D2, LM A2100, HS-601, Tempo/MTSat
- Hamilton Sundstrand의 계열사인 Hamilton Sundstrand Space, Land & Sea (HS SL&S)는 추진제관리장치를 포함한 추진제 탱크와 가압제 탱크를 제작하는 회사이다. 추진제 탱크의 용량이 500 L 이하거나 800 L 이상이다. 추진제 탱크 안에 격막(Membrane)이 없다.

2.2 가압제 탱크

가압제 탱크는 추진제를 추진제 탱크에서 배관망을 거쳐 추력기로 내보낼 때 사용하는 가압제(보통 헬륨을 사용한다)를 보관하는 탱크다. 주로 높은 압력을 견뎌야 하고 질량 절감을 위해서 박막 탱크외부에 복합재를 감는다.

- ATK-PSI는 추진제 탱크에서 설명한 것처럼 우주산업용 추진제 탱크와 가압제 탱크 제조사로

서 가장 큰 회사이다. ATK-PSI의 가압제 탱크 중 모델번호 80465-1이 탱크 용량, 81.4 L 최대 예상운영압력, 331 bar로 COMS의 가압제 탱크 용량과 가장 유사하다. 비행이력 : N-STAR c, PanAmSat, TELKOM-2, OPTUS D1/D2, LM A2100, LM S7000

- EADS ST 또는 EADS LV에서 제작하는 헬륨 가압제 탱크는 탱크 용량 별로 90 L, 300 L, 51 L가 있다. 헬륨 또는 크세논 탱크는 400 bar까지 견디고 수명은 15 년을 초과한다. 약 75 개 이상의 지구궤도 위성이 EADS ST의 가압제 탱크를 사용하고 있다. 또한 발사체용 및 인공위성용을 포함하여 연간 140 여 개 탱크를 제작 및 인도한다. 하지만 사진 이외의 가압제 탱크의 사양 정보를 얻는 것이 현재로서는 어렵다. 비행이력 : Arabsat 2
- Carleton Technologies는 Pressure Technology Division (Carleton PTD)을 통해 우주용, 해양용, 항공용, 인명 안전용(Life Support), 페인트용(Paintball Application) 등 다양한 경량 복합 압력 용기(lightweight composite pressure vessels)를 설계 및 제작한다. Carleton PTD의 가압제 탱크 중 모델번호 7127이 탱크 용량, 78 L 최대 예상 운영압력, 227.5 bar로 COMS의 가압제 탱크 용량과 가장 유사하다.
- Structural Composites Industries (SCI)는 경량(lightweight), 알루미늄-강선(aluminum-lined), 복합재-포장(composite-wrapped), 고압 실린더 등을 설계 및 제작하는 회사이다. 이 회사의 SUPERTANKS는 Brilliant Pebbles, ERIS, HEDI, HS601, Microsats, Plume Generator 등에 사용되었다. SCI의 가압제 탱크 중 모델번호 744이 탱크 용량, 89 L 최대 예상 운영압력, 345 bar로 COMS의 가압제 탱크 용량과 가장 유사하다. 하지만 중량이 81.65 kg으로 COMS 가압제 탱크 중량, 17.7 kg에 비해 상당히 무겁다. 따라서 대체부품으로 부적합하다. 하지만 주문생산이 가능하므로 대체부품 목록에 넣었다. 비행이력 : Brilliant Pebbles, ERIS, HEDI, HS601, Microsats, Plume Generator
- Lincoln Composites는 Hexagon Composites Group의 계열사로서 항공우주 및 방산업체로서 시작해 운송수단과 산업용으로 사업을 넓혔다. 또한 복합 압력 용기를 설계, 생산 및 시험하는 전문

적인 기술을 가지고 있다. Lincoln Composites의 가압제 탱크 중 탱크 용량, 93.3 L 최대예상운영 압력, 248 bar로 가장 유사하다. 하지만 중량이 46.3 kg으로 COMS 가압제 탱크 중량, 17.7 kg에 비해 상당히 무겁다. 따라서 대체부품으로 부적합하다. 하지만 SS LORAL이 COMS RFP Proposal에서 가압제 탱크 (용량 49 L) 두 개를 제안한 바 있다. 비행이력 : Tempo/DIRECTV

2.3 액체원지점엔진

액체원지점엔진은 위성체를 전이궤도에서 정지궤도로 운송할 때 쓰이는 엔진이다. 주입된 추진제의 70~80 % 를 사용한다. COMS 추진계에 사용된 액체 원지점엔진은 Aerojet의 모델 R-4D-15 HiPAT™ (445 N, 323 s Isp)으로 고성능 액체 원지점 추력기 (High Performance Apogee Thruster)이다. COMS RFP Proposal에는 비용 효과성을 최대화하기 위해 일반적인 성능을 가진 Aerojet의 모델 R-4D-11 (490 N, 317 s Isp)이 제안됐으나, COMS SDR 시점에 제안된 650 L 추진제 탱크를 590 L로 교체하여, 추진제 탱크 용량의 축소로 LAE의 효율 증가가 요구되어 현재 모델 R-4D-15 HiPAT™로 변경되었다.

- Aerojet 은 GenCorp Inc.의 계열사로서 1944년 The Marquardt Aircraft Co.로 시작하여 Rocket Research Company(RRC), Olin Aerospace, PRIMEX Aerospace Company, General Dynamics Space Propulsion Systems 등의 인수합병을 거쳐 현재의 Aerojet, a GenCorp Inc.가 되었다. 단일추진제 추력기, Space Shuttle Gas Generator, “Green” Propellants & Systems, 이원추진제(MMH/NTO, Hydrazine/NTO) 추력기, 전기 추진(Electric Propulsion), 우주 전자박스(Space Electronics), 추진시스템에 걸쳐 설계, 해석, 생산 및 시험 등에 관한 전문적인 기술을 가지고 있는 세계적인 회사이다.
- EADS ST은 현재 개발완료 되어 사용 중인 추력 400 N의 S400 Series와 2008년에 시장에 선보이는 추력 500 N의 European Apogee Motor (EAM)을 가지고 있다. 비행이력 : Apstar VI
- S400 Series (S400-10, S400-20)

- 500 N European Apogee Motor (EAM)

1974년부터 원지점엔진을 생산해온 EADS ST의 Lampoldshausen Centre는 그 동안 축적된 많은 경험을 바탕으로 고객의 필요에 부응하기 위해 전부품의 유럽화, 고성능, ITAR free 모델 즉 European Apogee Motor (EAM)을 개발하고 있다. EADS flight proven ceramic 기술을 바탕으로 EAM은 일체형(all-in-one) 연소실과 노즐을 채택하므로 좀 더 단순화, 경량화된 고성능 엔진을 개발하고 있다. EAM의 비추력 목표를 325 s 이상으로 잡고 있어 세계적인 성능을 가질 것으로 예상된다. 또한 비추력이 높아졌기 때문에 추진제 양을 절약할 수 있고 전부품의 유럽화로 미국의 수출허가(US Export License)규제를 피해 ITAR에서 자유롭다는 장점이 있다.

- Atlantic Research Corporation UK Ltd. : Sequa Corporation의 계열사였던 Atlantic Research Corporation UK Ltd.은 2003년에 Aerojet, a GenCorp Inc.에 인수합병되었다. 445 N LEROS 1C engine은 통상적인 콜럼뮴(columbium) 연소실과 추진제로 Hydrazine 과 NTO을 사용한다. 비추력은 325 s를 상회하며 동급엔진보다 비추력이 10 s까지 높다. 향상된 성능은 곧바로 탑재체 중량을 늘리수 있고, 궤도수명을 연장할 수 있고, 발사 비용을 줄일 수 있는 장점이 있다. 비행이력 : LM A2100 (i.e. Leros 1C Koreasat3)
- Northrop Grumman Space Technology Propulsion Systems : TRW Space & Electronics Group (S&EG)를 인수한 Northrop Grumman Space Technology (NGST)는 TR-308, TR-312-100YN 이중모드 액체 원지점엔진과 TR-312-100MN 이원추진 액체원지점엔진을 생산하고 있다. 비행이력 : NASA Chandra X-ray Observatory spacecraft, DVT (GEO)
- Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd. (IHI)는 모델 IHI BPT-4 (460 N) 이중모드 액체원지점엔진을 생산한다. 추진제로는 Hydrazine/NTO를 사용하고 혼합비(O/F Mixture Ratio)는 0.9, 비추력은 327 s이다. Total Impulse는 4,892,800 N.s이다. 비행이력 : TELKOM-2, OPTUS D1/D2
- CASC (China Aerospace Science and Technology Corporation)의 490 N 액체원지점엔진이 있다. Aerojet의 R-4D-11 유사모델로 여겨진다. 비행이력 : DFH-3 (GEO)
- Snecma Moteurs는 상업용, 군용, 우주용 엔진을 전문적

으로 생산하는 업체이다. 우주용 엔진으로 SMART-1에 실린 플라즈마 추력기와 이원추진제 추력기(5 to 15000 N)를 생산하고 있다. Snecma는 ATV(Automated Transfer Vehicle), ISS의 유럽 화물 운송기에 사용될 자세제어용 200 N 이원추진제 추력기를 개발했다. 비행이력 : ATV

2.4 반동제어추력기

반동제어추력기는 위성의 자세교정, 궤도유지, 원지점액체엔진사용 전의 액체추진제 내의 기포 재배치와 임무종료 후 폐기궤도로 위성을 보낼 때 등의 임무에 사용한다. COMS 추진계에 사용된 반동제어추력기는 EADS ST의 모델 S10-13 Pt/Rh(10 N, 287 s Isp)으로 Moog의 추력기 밸브 Ref Model 51-131을 사용하고 있다. 특징적인 사항은 추진계 배관망과 연결에 1/8 inch MS flared fittings (or MS couplings)을 사용하여 추력방향 조정(Adjustment)과 추력기 교체가 가능하다는 것이다.

- EADS ST의 10 N 추력기 2세대 모델(S10-13과 S10-18)과 추력기 밸브를 유럽화(EADS LV)한 모델 S10-23이 있다. 추력기 밸브를 유럽화한 이유는 비용절감과 US 수출허가 규제 때문이다. S10-23 추력기는 검증 작업 중이다. 비행이력: Eurostar Series, Unified Propulsion System
- ARC UK Ltd.의 LTT (Low Thrust Thruster, 9.25 N, 274 s Isp) 추력기가 있다(COMS RFP Proposal, IAI MBT). 추진제는 MMH/NTO (MON-3)를 사용하고 있고 중량은 800 g이다. ARC UK Ltd. 홈페이지가 없기 때문에 현재 더 많은 정보를 얻기 어렵다. 하지만 Leros 20 추력기의 사양을 참고로 적는다.
- CASC (China Aerospace Science and Technology Corporation)의 10 N Hypergolic Thruster가 있다. 비행이력 : DFH-3
- IHI의 이중모드 추력기로, IHI BPT-6 (22 N, 295 s Isp)가 있다. 추진제로는 Hydrazine/NTO을 사용한다. 전임펄스(Total Impulse)는 1,846,000 N.s이다. 비행이력 : N-STAR c, PanAmSat, TELKOM-2, OPTUS D1/D2

2.5 래치 밸브

래치밸브는 추진제 파이프라인에 설치하여 이원추진제 파이프라인을 동시에 열고 닫을 수 있는 장치로서 주로 분기점에서 사용한다. 예를 들어 추진시스템의 반동제어추력기세트가 두 개의 분기, 즉 Branch A와 Branch B로 이뤄졌을 때 이들 중 어느 한 분기를 선택하기 위해 사용한다.

- Moog는 래치밸브뿐만 아니라 추력기 밸브를 포함한 여러 종류의 밸브를 만드는 전문회사이다. COMS에 사용된 래치밸브도 Moog 사의 것이다.
- Vacco Industries Inc.의 래치 밸브(Latching Valves)는 다음과 같다. 그 중에서 TML, LP, 1/4" Titanium, 0 to 24.1 bar 래치밸브가 가장 적합하다.
- Marotta UK Ltd.의 래치 밸브로는 모델 번호 SV11가 있다. 단일추진제 또는 이원추진제 추진 시스템에 모두 사용할 수 있다. Stainless Steel 하우징안에 Hydro-formed Bellows가 짝으로 용접되어 있고 Seat는 레버어셈블리를 통해 Bi-stable 솔레노이드 액츄에이터(Solenoid Actuator)로 작동된다. 솔레노이드 액츄에이터 대신에 Stepper Motor로 바꾼 변형 SV11-004 (Single Seat Latching Valve)도 있다.
- EADS ST의 래치 밸브는 Latch Valves VTVQ 20000, Latch Valves VBS 10000, Latch Valve LOW PRESSURE HIGH FLOW 등이 있으나 Latch Valve VTVQ 20000 외에는 자세한 정보가 없다.
- Valcor Eng. Corp.의 래치 밸브는 Small coaxial latching valve로서 쉴 변경을 불활성 가스, 크세논, 물, MMH와 NTO를 작동유체로 쓸 수 있다. 일반적인 압력범위는 241.3 bar까지 이다. 등가 유량(Flow Rates Equivalent)은 2.286 mm ESEOD (Equivalent Sharp Edge Orifice Diameter or Equivalent Square Edge Orifice Diameter)이고 온도범위는 -54 °C에서 82 °C까지 이다.

2.6 역지(逆止)밸브

역지밸브는 가압제 파이프라인에 설치하고 배압이 일정 이상으로 증가하면 밸브가 닫히도록 작동시켜 이원추진제 각각의 증기가 만나지 못하도록 하는 장치이다. COMS 추

진계에 사용된 역지밸브는 Marotta UK Ltd.의 모델이다. 역지밸브는 Marotta UK Ltd.와 Vacco Industries Inc. 이 두 회사 이외에는 찾기가 어렵다. COMS RFP Proposal에 서도 Ployflex Space (a Marotta Company)와 Vacco Industries Inc. 이 두 회사의 역지밸브만 제안되었다. 따라서 역지밸브는 Marotta UK Ltd.와 Vacco Industries Inc. 어느 쪽의 제품을 써도 무방하다고 생각한다.

- Vacco Industries Inc. : 1970년부터 수백 개의 역지 밸브가 인공위성에 탑재되었다. 티타늄과 스테인레스 스틸 등 재질과 Single Seat, Series Redundant와 Parallel Redundant 등의 디자인이 가능하다. 비행 이력 : HS-601 & 702, N-STAR c, PanAmSat, TELKOM-2, OPTUS D1/D2

2.7 파이로 밸브

파이로 밸브는 가압제와 추진제 파이프라인에 설치하고 전기적 신호를 받으면 파이로를 터뜨려 평상시 열린 관은 닫고, 평상시 닫힌 관은 여는 장치이다. 이를 이용해 특정시점까지 배관내의 압력을 여단음으로 제어할 수 있다.

- EADS ST은 N/C PV EVP 20000, N/C PV EVP 10000, N/O PV EVP 20000 등의 모델을 가지고 있으며, COMS의 파이로 밸브도 EADS ST의 것을 사용하고 있다.
- Goodrich Corporation (formerly OEA Aerospace Inc.)는 2000년도에 OEA Aerospace Inc.를 인수했다. OEA Aerospace Inc.는 우주용, 미사일용, 항공기 시스템에 사용되는 파이로 장치를 전문적으로 제공하는 업체였다. 하지만 Goodrich Corp.이 인수한 후에는 자세한 정보를 공개하지 않고 있다. 향후에 추가적인 정보 공개가 이뤄지면 갱신할 계획이다. 비행 이력 : GOES, SCS, N-Star

2.8 압력계 또는 압력 변환기

탱크 내의 압력을 측정하고자 압력계를 사용한다. 추진계에 사용된 압력계는 저압용과 고압용으로 나누는데 저압용은 주로 파이프 라인과 추진제 탱크에 사

용하고 고압용은 가압제 탱크에 사용한다.

- Taber Industries의 Pressure Transducer 2403SAT "Space Flight Heritage,"가 있다. 비행이력 : N-STAR c, PanAmSat, TELKOM-2, OPTUS D1/D2, LM A2100, Eurostar
- Paine Electronics의 저압용 Satellite Series 213-76-580와 고압용 Satellite Series 213-36-680이 있다. 지난25년 동안 500 개 이상의 압력계를 생산하고 아직까지 실패보고서를 받은 적이 없다. 또한 이들 모두 우주인증을 받았다. 비행이력 : Tempo/DIRECTV, GOES, SCS, Intelsat-VII, N-Star
- Tavis Corporation의 우주용, 군용, 항공용 압력계 모델번호 P1/P101, P4/P104, P106, P8/P108 등이 있다. 저압 압력계 P1/P101은 1/8" Fitting을 사용하므로 제외시키고 저압 압력계로 P4/P104와 P8/P108, 고압 압력계로 P106가 있다. 하지만 고압 압력계 P106의 최고 압력범위가 241.3 bar이므로 고압 압력 범위 310 bar 요구사항을 만족시키지 못한다.
- COMS 압력범위 규격과 고성능 요구조건을 만족할 수 있는 것으로 판단되는 Measurement Specialties Inc.(formerly Entran Devices Inc.)의 EPXO Series Pressure Sensors (High Performance Stainless Steel Diaphragm), EPXM Series Pressure Sensors (High Stability Stainless Steel Recessed Diaphragm)가 있다. 하지만 아직 우주용으로 사용되었는지 확인이 필요하다.
- Snecma Moteurs는 상업용, 군용, 우주용 엔진을 전문적으로 생산하는 업체이다. 우주용 엔진으로 SMART-1에 실린 플라즈마 추력기와 이원추진제 추력기(5 to 15000 N)를 생산하고 있다. 한 제안회사는 COMS RFP Proposal에 압력계 회사를 SNECMA로 제안하고 있으나 현재 자세한 정보를 구할 수 없는 상황이다.

2.9 압력조절기

액체원지점엔진의 안정적인 운영을 위해서는 엔진 입구압력이 일정해야 한다. 따라서 이를 위해 압력조절기가 필요하다. 압력조절기는 상단부(가압제 탱크)로부터 고압을 입력받아 하단부(추진제 탱크)로 일정한 압력을 공급하는 장치이다.

- Stanford Mu Corporation의 Satellite Precision Series

- Redundant Pressure Regulator는 COMS 추진계에 사용하고 있다. 조절 정확성(Regulation Accuracy)은 입구압력이 310 bar에서 27.6 bar일 때 조절된 출구압력의 $\pm 2.5\%$ 이내이다. 내부 leakage는 전 입구압력 범위 내에서 10 scc/hr GHe 미만이다. 온도범위($^{\circ}\text{C}$)는 -65 에서 70 사이이다. 조절된 출구압력은 13.8 bar에서 20.7 bar사이에서 미리 정할 수 있다. 중량은 1.13 kg 미만이다. 비행이력 : Eurostar 3000, LM A2100, N-STAR c, PanAmSat, TELKOM-2, OPTUS D1/D2
- Carleton Technologies Inc.은 Series Redundant, Helium Pressure Regulator를 설계 생산하고 있고 Telstar에 납품한 경력이 있다. 하지만 현재 자세한 정보는 공개하지 않고 있다. 해당회사에 문의했으며 회신을 기다리고 있다. 참고로 한 제안회사는 COMS RFP Proposal에 이 회사 압력조절기를 제안한 바 있다. 비행이력 : Tempo/DIRECTV, Telstar
 - EADS ST의 Pressure Regulator RDS 20 000는 Helium용과 Xenon용이 있다. 비행이력 : ROSETT

2.10 필터

필터는 주로 추진제 배관망에 설치하고 추력기로 들어가는 이물질들을 거르는 장치이다. 이물질은 주로 파이로 밸브의 작동 시에 발생한다.

- Vacco Industries Inc.의 Standard-C (25 microns absolute)이다. MSP는 Vacco Industries Inc.의 설계대로 면허를 가지고 생산을 했으나 최근 Vacco Industries Inc.가 면허생산권을 철회하였다. 비행이력: Tempo/DIRECTV, SCS, Intelsat-VII, N-Star, N-STAR c, PanAmSat, TELKOM-2, OPTUS D1/D2, AXAF, HS 601 & 702
- Mott Corporation은 NASA JPL 화학추진회사 목록에 Filter (Fluid/Gas) 제조사로 등록되어 있다. 하지만 자세한 정보가 없어 해당회사에 문의했고 현재 회신을 기다리는 중이다.

2.11 주입/배출 밸브

가압제 또는 추진제를 탱크나 배관망에 주입/배출할 때 사용하는 접속장치이다.

- COMS 추진계는 EADS ST의 것을 사용한다. 특이할 사항은 산화제 밸브는 왼손 나사선(Left Hand Thread)이고 연료 밸브는 오른손 나사선(Right Hand Thread)이다. 비행이력 : Eurostar 3000
- Moog Inc.의 서비스 밸브는 Ref Model 50- 787,50-856, 50E889가 있다. Ref Model 50E 889은 고압용으로 배관망(Pipenetwork)과 접속 때 연결크기(3/8", 9.52 mm)가 문제될 수 있다. 이는 확장/축소 이음관으로 문제를 해결할 수 있을 것이다. 비행이력 : CRSS, GPS, Mercury Messenger, Moog IR&D, PMA, NSTAR, WINDS
- Vacco Industries Inc.: 비행이력 : Telstar 8, AMC12
- Marotta UK Ltd.
- Conax Florida Corp.의 충전/배출 밸브는 한 제안회사가 COMS RFP Proposal에서 제안하였으나 해당회사에서 자세한 정보를 찾기가 어렵고 현재 문의를 했으며 회신을 기다리는 중이다. 비행이력 : LM A2100, N-STAR c, PanAmSat, TELKOM-2, OPTUS D1/D2

3. 결론

본 조사를 진행할 때 추진시스템 및 부품 회사들의 인수-합병 등으로 각각의 부품정보를 검색 및 정리하는데 어려움이 있었다. 앞으로 시장의 요구에 따라 회사들의 인수-합병을 계속될 것이기 때문에 본 조사 결과는 또 다른 시장조사를 실시할 경우 좋은 시작점이 될 것이다. 향후 내용상의 오류 등이 발견되면 수정 및 정정할 것이고 최신 정보가 입수되는 대로 추가 및 갱신을 할 것이다.

참고문헌

1. EADS ST, <http://cs.space.eads.net/sp/>
2. Arde, Inc., <http://www.ardeinc.com>
3. ATK Space Systems, Inc. <http://www.psi-pci.com/> (formerly PSI, Pressure Systems Inc.)

4. Man Technologie Aerospace AG,
<http://www.ohb-system.de/>
5. Aerojet, a GenCorp Inc.,
<http://www.aerojet.com/about/redmond.php>
6. Keystone Engineering,
<http://www.hamiltonsundstrand.com/>
7. Structural Composites Industries (SCI),
<http://www.scicomposites.com/>
8. Lincoln Composites,
<http://www.lincolncomposites.com/>
9. Moog Inc., <http://www.moog.com/>
10. Valcor Engineering Corporation,
<http://www.valcor.com/space.htm>
11. PerkinElmer Fluid Sciences,
<http://www.eaton.com/>
12. Marotta UK Ltd, <http://www.marotta.co.uk/>
13. Valve Tech Inc., <http://www.valvetech.net/>
14. Vacco Industries Inc.,
<http://www.vacco.com/>
15. Conax Florida Corporation,
<http://www.conaxfl.com/>
16. Ametek Aerospace.,
<http://www.ametekaerospace.com/>
17. Taber Industries,
<http://www.taberindustries.com/>
18. Tavis Corp., <http://www.taviscorp.com/>
19. Measurement Specialties Inc.,
<http://www.meas-spec.com/>
20. Paine Electronics,
<http://www.paineelectronics.com/>
21. Stanford Mu Corp.,
<http://www.stanfordmu.com/>
22. Carleton Technologies Inc.,
<http://www.carltech.com/>
23. Snecma Moteurs,
<http://www.snecma-moteurs.com/>
24. Universal Propulsion Company,
<http://www.upco.goodrich.com/>
25. Mott Corp., <http://www.mottcorp.com/>