

HR추진기관을 이용한 수중운동체의 초기안정성 시험 결과 분석

황희성* · 김학성* · 유영준*†

Analysis on Initial Stability Test Results of Underwater Vehicle Using the HR Propulsion System

Heeseong Hwang* · Hakseong Kim* · Youngjoon You*†

ABSTRACT

In this paper, Underwater propulsion test of SWASH(Small Waterplane Area Single Hull) type underwater vehicle with hybrid rocket system is performed. Watertight structure is applied to prevent a combustion chamber from water, and the control logic is constructed by setting the watertight ignition sequence. As a results, It is confirmed that the ignition is stable in water, and the propulsion system works well along the configured control sequence.

초 록

본 연구에서는 하이브리드 로켓을 적용한 SWASH형 수중 운동체의 수중 추진 시험을 수행하였다. 연소실 내부로 물이 들어오지 않게 수밀구조를 적용하였으며, 이에 따른 점화 시퀀스를 설정하여 제어 로직을 구성하였다. 시험 결과, 수중에서 안정적으로 점화가 일어난 것을 확인하였으며 구성된 제어 시퀀스를 따라 시스템이 잘 작동하는 것을 확인하였다.

Key Words: Hybrid rocket(하이브리드 로켓), Underwater Vehicle(수중 운동체), Underwater Propulsion(수중 추진)

1. 서 론

신개념 수중 추력 발생 방식을 적용한 고속 주행 수상정 개발을 위해 수상정의 추진 기관으로 로켓 추진기관을 적용하였다. 수중에서 로켓 추진기관의 운용 가능성을 검증하기 위하여 추

력조절 특성 및 안전성을 갖는 하이브리드 로켓(Hybrid Rocket)을 적용하여 연구를 수행하였다. 하이브리드 로켓의 수중 운용을 위해 수밀 구조를 적용하였고, 이에 따른 연료 그레이인 및 점화기를 설계하였다.

따라서 본 연구에서는 수상정의 추진기관으로 적용된 하이브리드 로켓 추진 장치의 수중 점화 가능성 검증과 수중 추진의 초기 안정성에 대하여 살펴보고자 한다.

* 국방과학연구소 제4기술연구본부 1부

† 교신저자, E-mail: yjyou@add.re.kr

2. 본 론

2.1 수중 추진 시험 결과

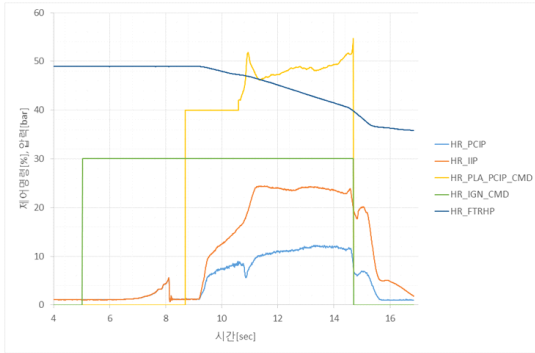


Fig. 1 The Results of Underwater Propulsion test

Fig. 1은 수중 추진시험의 추진 장치 시험 결과이다. 먼저 점화기 신호가 그래프 상에서 5초에 인가되었다. 그 후 8.7초에 산화제 밸브의 구동 명령이 인가되었으며, 구동 명령 인가 2초 후에 제어를 수행하는 Closed loop에 들어갔다.

Fig. 2는 연소실의 초기구간 압력을 그래프로 도시화한 것이다. 수중추진을 위해 로켓의 노즐 끝단에 파열판을 장착하였다. 1차 파열판은 점화 신호가 들어온 후 2.7초 후에 파열되었으며 파열 압력은 3.28 bar로 나타났다. 2차 파열판은 1차 파열판이 파열된 후 0.35초 뒤에 파열되었으며, 파열 압력은 5.6 bar로 나타났다. 파열판이 파열된 후 연소실 압력은 점화제로 인해 약 1.2 bar로 유지되었고, 산화제 밸브가 개방된 후 메인 그래인의 점화가 시작되면서 연소실 압력이 상승하였다.

산화제 밸브의 구동 명령은 연소실 압력이 2.7 bar에 도달한 후 1초 뒤에 개방 명령이 인가되도록 제어로직을 구성하였다. 따라서 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 연소실 압력이 2.7 bar에 도달(7.65 초)한 후 약 1초 뒤에 산화제 밸브의 구동 명령(8.7 초) 신호가 인가되었으므로 구성된 점화 시퀀스에 따라 제어 로직이 잘 작동하는 것을 확인하였다.

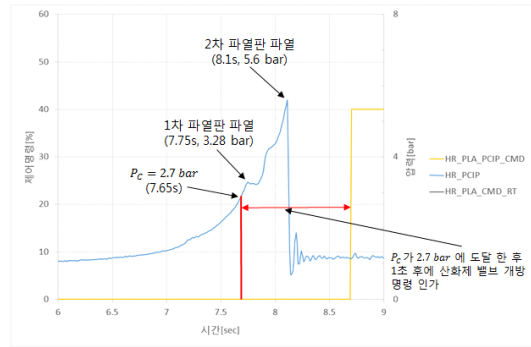


Fig. 2 Chamber Pressure of Initial section

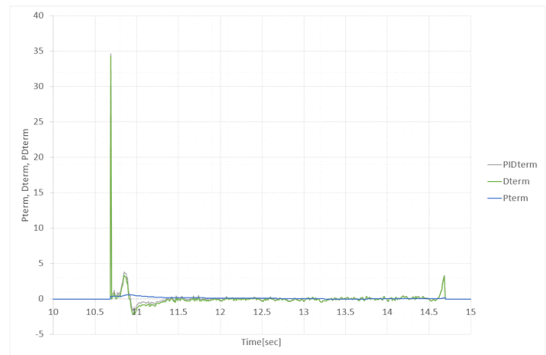


Fig. 3 PD gain distribution of propulsion system

Fig. 3은 추진장치 시스템의 제어 게인(Gain) 변화를 도시화한 그래프이다. 제어가 수행되는 Closed loop 구간, 즉 10.6 초부터 제어 게인이 크게 증가하는 것을 확인할 수 있다. PIDterm과 Dterm이 동일한 경향성으로 값이 변화하는 것으로 보아 시스템 제어에 있어 Dterm이 차지하는 비율이 큰 것으로 판단된다.

3. 결 론

하이브리드 로켓을 적용한 수중 운동체의 수중 추진 시험을 수행하였다. 수중에서 안정적으로 점화가 일어났음을 확인하였고 구성된 추진 장치의 제어 시퀀스에 따라 시스템이 잘 작동하는 것을 확인하였다. 향후 제어 로직의 게인(Gain)을 수정하여 연소실 압력의 응답성 및 수렴성을 개선하는 작업이 수행되어야 한다.