

액체로켓엔진 연소안정성 시험의 고주파 특성 해석

김승한, 서성현, 박성진, 이광진, 김종규, 손채훈, 한영민, 설우석, 이수용

한국항공우주연구원 추진기관연구부

(E-mail : detokim@kari.re.kr)

액체로켓 엔진 연소기 내부 연소장의 동적인 특성을 살펴보기 위해 연소기 벽면, 엔진 매니폴드부, 추진제 공급계 등에 압전소자형의 동압센서를 장착하였고, 엔진 케이스와 엔진 장착 및 측정 지지대에 가속도계를 부착하여 구조적인 진동특성을 측정하였다.

고주파 압력 및 가속도 신호는 액체로켓 엔진 연소기로의 추진제 공급 시기를 측정하고, 이를 기반으로 점화 및 연소 cyclogram을 결정하는데 유용하게 활용된다. 액체로켓엔진에서 고주파진동연소가 발생하면, 연소가스로부터 연소기로 열전달이 촉진되어 연소기의 소손이나 파괴가 일어나므로 극히 위험하다. 따라서, 로켓엔진 개발과정에서 이러한 고주파 진동연소에서 나타난 물리적 징후들을 판단하여 고주파진동연소 발생의 초기시점에서 시험을 중지하는 것이 매우 중요하다. 액체로켓엔진의 고주파 진동연소기간에 특징적인 변화는 동압과 가속도가 급격하게 커진다는데 있기 때문에 고주파 진동연소에 대비한 비상정지 시스템에서도 엔진내의 동압과 가속도신호가 주된 판단변수로 활용된다.

연소시험과 관련된 고주파 신호의 해석은 정상 연소와 고주파 진동연소의 경우로 특징적으로 구분되어 수행되었다. 정상 연소의 경우에도 추진제 공급부와 액체로켓엔진에 장착된 동압센서 및 진동센서는 특정 주파수 영역에서 peak 값들을 가지며, 이는 시간-주파수 공간에서 검토해보면 공급계의 특성주파수 및 연소기의 특성주파수, 시험장의 고유주파수성분 및 그 harmonic 성분, 각종 전기장치로부터의 전자기 간섭 등으로 구성되어 있다. 액체로켓엔진의 연소시험설비에 있어 추진제 공급계의 특성주파수와 연소기의 음향학적인 특성주파수가 서로 간섭하지 않도록 구성되어야 하며, 이를 위해 항공우주연구원 내 시험설비에서의 KSR-III 엔진 수류 및 연소시험의 고주파 결과 주파수 해석을 수행하였고, 고주파 진동 연소시의 결과와 함께 제시하였다. 정상 연소와 구분되는 고주파 진동연소의 신호 특성은 정상 연소에는 여러 가지 특성주파수들이 비슷한 정도로 공존하는데 비해, 고주파 진동 연소의 경우에는 연소기의 음향 특성주파수가 지배적인 크기로 유지되며, 이는 압력 및 가속도 신호의 주파수-진폭의 시간 선도에서 확인된다.