

## Pogo 억제 장치 (PSD) 개요

이한주, 정태규, 김용욱, 조인현, 오승협, 이대성

한국항공우주연구원 추진기관연구부

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

엔진과 공급계의 동특성이 기체의 축방향 모드와 연계되어 발생하는 기체의 축방향 불안정성은 추력의 섭동으로부터 기인한다. 추력 섭동에 의해 기체는 진동을 겪게 되고, 공급시스템에 가속도를 부여하게 된다. 구조물의 진동은 연료와 산화제 공급 시스템 각각에 영향을 미치게 되고, 결과적으로 각 추진제 펌프 입구에서의 압력 섭동을 일으킨다. 결국, 연소실에서의 연소과정에 의해 연소실 압력과 추력이 진동하게 된다. 이러한 불안정성은 추진기관 시스템과 구조시스템의 연계에 의해 발생하는 것으로 축방향 1차 진동모드가 pogo stick의 진동모드와 유사하다고 해서 pogo라 불리게 되며, 추력의 feedback이 처음 섭동을 증폭시킬 경우에 발생하게 된다. 엔진시스템과 구조와의 연계에 의해 발생한 최초의 축방향 불안정성은 1960년대 초반의 Thor이며, 주로 pump-fed 방식의 엔진시스템에서 35Hz 미만의 저주파수 대역에서 발생한다.

이러한 축방향 불안정성을 억제 혹은 제거하기 위한 장치인 PSD (Pogo Suppression Device)의 목적은 구조물의 고유진동수와 추진기관시스템의 고유진동수를 분리함으로써 불안정성을 제거하는 것이다. 구조물의 고유진동수를 바꾸는 데는 추진제 탱크라든지 다른 구조물을 변경해야 하기 때문에 심각한 설계 변경을 요구하게 되어 발사계획에 차질을 줄 수 있으므로, 실질적인 pogo 현상 억제는 추진기관시스템의 공급계 내부 유체의 고유진동수를 바꾸기 위한 장치를 이미 설계되어 있는 비행체에 추가적으로 설치함으로써 가능하게 된다.

Pogo 억제 장치는 엔진시스템으로부터 feedback된 자료를 사용하여 PSD를 조정하느냐의 여부에 따라 passive PSD와 active PSD로 구분할 수 있다. Active PSD는 passive PSD와는 다르게 accumulator로부터의 과도한 가스의 overflow를 제거함으로써, 터보펌프를 보호할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 추가적인 유압시스템

의 사용으로 인한 무게의 증가와 불안정성을 억제하는 성능이 passive PSD와 유사하기 때문에 현재 사용되고 있지 못하다. 반면, passive PSD의 경우에는 간단한 구조와 운용방법을 사용하여서도 불안정성을 효과적으로 제어할 수 있다. Passive PSD는 공급계 내의 가스상의 분포 방식에 따라 distributed compliance method와 localized compliance method로 구분할 수 있으며, Localized compliance method 중 엔진 소화 시와 같은 갑작스런 압력 변동에도 accumulator 내부의 가스를 배출함으로써, 일정 수위를 유지할 수 있는 기능을 갖춘 gas-filled accumulator가 엔진 성능에 영향을 미치지 않으면서 효율적으로 pogo 불안정성을 억제하는 것으로 판단된다.