

이원 추력기의 성능 모델링 연구

함미숙*, 김 유*, 박응식**, 박봉규**

*충남대학교 기계공학과, ** 한국항공우주연구원
(E-mail : jewelbox@kebi.com)

궤도상에 올려진 위성들은 원형의 궤도 운동을 하게 된다. 그러나 지구가 완전한 구형이 아니고 태양과 달의 인력이 작용하여 위성에 섭동이 발생하게 된다. 그리고 무중력 상태의 우주이므로 태양풍이나 미세 운석 그리고 위성체 내부의 가스 누출이나 내부의 토크 변화에 의해 위성 자세에 조금의 변동을 야기한다. 통신 위성의 경우 지상의 한 지점을 계속 향하고 있어야 하므로 정기적인 자세제어가 필요하다.

위성의 섭동에 의해 EWSK(East-West station keeping)나 NSSK(North-South station keeping)를 하기 위해 추력 모델은 단일 Δv 기동이나 회전 세차 운동(spin precession maneuver)을 지원해야 한다. 위성은 주어진 임무를 수행하는데 필요한 Δv 기동을 위해 적절한 성능의 추력기와 임무기간 동안 사용할 적절한 양의 추진제를 탑재하고 있다. 지상에서 필요한 임무를 수행하기 위해 위성에 지령을 하였을 때, 추력기가 정상작동을 하였는지 그리고 잔류 추진제가 어느 정도 인지를 정확히 알 수 있어야 한다.

현재 사용되고 있는 이원 추력기는 신뢰성과 안정성을 위해 지상 연소 시험용이나 발사체에서 사용되는 로켓과 달리 측정 할 수 있는 자료가 제한적이다. 이런 제한된 자료들로부터 추력 및 총추력과 잔류 추진제량을 계산하여 현재의 위성의 상태를 예측할 수 있어야 한다. 이를 위해 먼저 측정 자료를 통해 성능을 계산할 수 있는 모델링 식이 요구된다.

본 연구에서는 실제 위성에 사용되는 이원 추력기를 통한 실험이 불가능하였으므로 현재 충남대에 있는 이원 엔진을 사용해 탱크 압력을 함수로 하여 추력과 총추력 및 추진제 소모량을 모델링하였다.

모델링 시 데이터는 연소 실험을 통해 얻은 시간에 따른 탱크 압력과 연소압을 이용하였다. 추력곡선 대신 연소압력 곡선을 선택한 이유는 연소압과 추력의 변화 추이는 같으면서 연소압의 변화가 추력변화보다 확연히 구별되기 때문이다.

모델링 함수는 연소압 곡선에 적당한 함수를 이용하여 각 함수에 맞는 curve fitting code를 이용하여 계수를 찾아냈다. 이런 작업을 수행하기 위해 연소 곡선에 맞는 함수를 찾아야 하는데 그림 1에서 보는 바와 같이 하나의 함수를 적용하여 모사하기에는 무리가 있어 연소압 곡선을 세 부분으로 나누어 모사하였다.

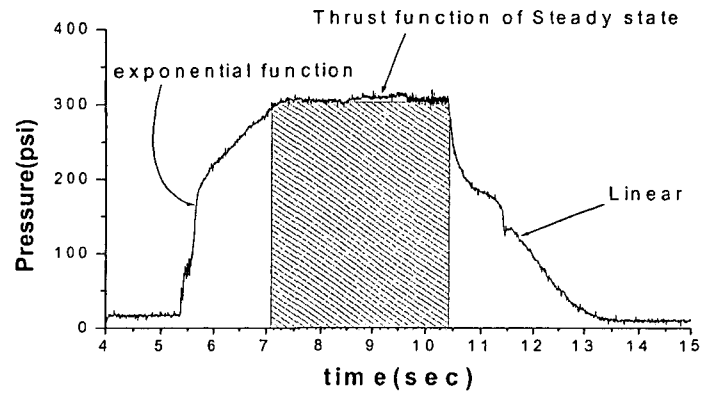


Fig. 4 General Shape of Chamber pressure Curve

점화 부분은 밸브 및 추력기 반응 특성에 의한 것이므로 시간에 대한 함수로 형상화하였다. 그림 1에서 보여지듯이 이 부분은 exponential 함수 형태로 무차원해 모델링하여 정상상태 추력 값을 곱하여 시간에 따른 추력식을 얻었다. 정상상태의 추력의 경우 탱크 압력에 따라 추력이 변화하므로 각 추진제 탱크압의 2차 polynomial 함수의 곱으로 생성하였다. 소화영역은 직선으로 변화한다고 가정하고 뒷 부분을 삼각형으로 형상화하여 삼각형 면적을 계산하였다.

총추력은 추력의 시간 적분값이므로 이를 적분하여 구하였다. 그리고 시간에 따른 추진제 곡선은 압력곡선과 비슷한 추이를 보이므로 추력 함수를 생성할 때와 같은 방법을 사용하였다.

이 연구에서 생성한 함수를 다른 연소 시험 데이터에 적용한 결과 측정 추력과 계산 추력이 비슷한 결과가 나왔다.