

## 가변노즐의 다물체동력학적 특성

박동창\* · 이상연\* · 윤수진\* · 윤현걸\*

### Multi-Body Dynamics Characteristics of Variable Nozzle

Dong-Chang Park\* · Sang-Youn Lee\* · Su-Jin Yun\* · Hyun-Gull Yoon\*

#### ABSTRACT

In the present work, the dynamic characteristics of variable nozzles are described. Variable nozzles are used to enhance the effectiveness of aircraft engines at various altitudes. The dynamic characteristics of variable nozzle mechanism including flaps are analyzed by a multi-body dynamics analysis software, RecurDyn.

#### 초 록

본 논문에서는 가변노즐의 다물체동력학적 특성을 연구하였다. 가변노즐은 다양한 운용고도조건에서 비행체의 효율성을 향상시키기 위하여 사용된다. 플랩을 포함하는 가변노즐 메커니즘의 동적특성을 다물체동력학 소프트웨어인 RecurDyn을 이용하여 분석하였다.

Key Words: Exhaust Nozzle(배기 노즐), Mult-Body Dynamics(다물체 동력학)

#### 1. 서 론

비행 고도와 속도가 일정하지 않은 상승 비행 조건 등에서는 제트엔진 내부의 압력과 온도가 계속적으로 변하므로, 고정 노즐목을 사용하는 경우라면 노즐목 크기가 가장 크게 요구되는 저고도 조건에 맞추어 설계해야 한다. 그러나 고고도에서는 공기유량이 작으므로 노즐목이 클 필요가 없다. 즉, 불필요하게 연료유량이 커지는 만큼 엔진의 효율이 저하된다. 따라서 비행조건에 적합한 최적의 노즐목 크기를 갖도록 조절할

수 있는 장치가 필요하다. 또한 추력을 증감시키기 위해 연료량을 증감하거나, 이 결과로서 급격한 비행속도 및 고도의 변화가 생기게 될 경우에도 노즐목 크기의 조절이 필요하다. 본 연구에서는 다물체동력학 해석을 이용하여 가변노즐의 동력학적 특성을 분석하고자 한다. 본 연구에서는 다물체동력학 해석 대상으로 선정한 가변노즐 시스템의 예는 축방향으로 다수의 구동 액츄에이터가 배열되어 있는 축형(Axial Type) 가변노즐<sup>[1]</sup>이며, 가변노즐의 동특성을 해석하기 위하여 Recursive formulation을 이용하는 다물체동력학 소프트웨어인 RecurDyn을 이용하였으며, 시뮬레이션을 수행하기 위하여 작성한 가변노즐의 다물체동력학 해석모델은 Fig. 1과 같다.

\* 국방과학연구소 1-5

† 교신저자, E-mail: dcpark67@hanmail.net

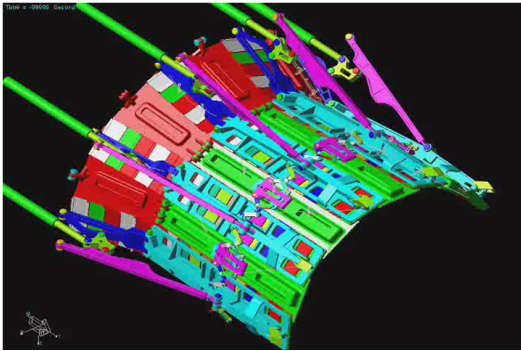


Fig. 1. Multi-body Dynamics Model of a variable nozzle system

다물체동력학 해석모델에 입력한 각종 조인트와 하중 작용 요소는 Fig. 1에 보인 바와 같이, 구동기, 축소부 플랩(convergent flaps), 확장부 플랩(divergent flaps), 링크 조립체 등 이다.

## 2. 단순 정현파 작동시 동적 효과 분석

가변노즐 구동의 동적 효과 분석에 사용된 해석조건은 0.1, 0.25, 1.0, 2.0, 4.0, 10.0 Hz 이다. 본 연구에서는 기본적인 parametric study를 목적으로 하는 것이므로, 해석 모델은 모두 강체로 구성하였으며, 마찰효과 유무의 영향을 관찰하였다. 중력 방향은 비행체의 길이방향 및 횡방향인 경우에 대해서 해석하였다. 가변노즐 구동기의 스트로크는 최대에서 최소 조건을 5회 또는 10회 왕복하게 하였다. 즉 최대목 조건에서 최소목 조건을 5회 또는 10회 왕복하는 조건으로 해석을 수행하였다.

Fig.2는 2.0 Hz로 작동할 때 구동기의 변위, 속도, 가속도와 구동력의 크기를 시간에 대해 나타낸 것이다. 초기의 불안정 구간을 제외하면 구동기의 최대 하중은 188 N 이고, 최대 가속도는  $2,370 \text{ mm/s}^2$  이었다.

4.0 Hz로 작동할 때에는 구동기 반력은 계속 불안정한 형태이며 그 최대값은 1,140 N 이고, 최대 가속도는  $9,470 \text{ mm/s}^2$  이었다. 10.0 Hz로 작동할 때에도 역시 구동기 반력은 계속 불안정한 형태이며, 그 최대값은 5,590 N 이고, 최대 가속도는  $59,200 \text{ mm/s}^2$  이었다.

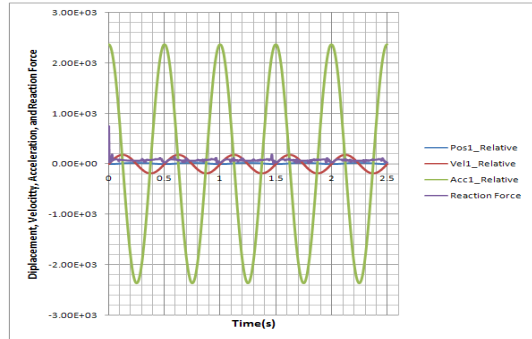


Fig. 2. Displacement, Velocity, and Acceleration of the nozzle actuators (2.0 Hz)

## 3. 구동속도 및 마찰효과 분석

최대 노즐목에서 최소 노즐목까지 정현파로 가진 할 때의 최대 구동속도는 가진 주파수가 0.25 Hz일 때 23.6 mm/s인 것으로 나타났다. 가진 주파수가 2 Hz이상으로 증가하면 가속도가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 가진 주파수가 1 Hz이하인 경우에는 가진 주파수가 증가할수록 반력의 크기가 오히려 감소하는 경향이 있는 것으로 나타났다. 그러나 가진 주파수가 1 이상이면 반력이 증가하게 되고, 특히 가진 주파수가 2 Hz에서 4 Hz로 증가하면서 반력의 크기가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 마찰이 존재하지 않는 경우에 비해, 접촉면에 마찰이 존재하는 경우에는 구동하중이 최대 3배 정도로 증가하는 것으로 나타났다.

## 4. 결 론

가변노즐의 다물체동력학적 특성 해석을 수행하고 결과를 고찰하여, 본 해석이 관련 구조물의 설계에 유용하게 사용될 수 있음을 입증하였다.

## 참 고 문 헌

1. B.F. Wilbert, "Variable Area Nozzle System," United States Patent Office, No.4,245,787.