

Production and Test of a Nutation Damper Applied Missile

김성국† ·이용덕*·여보연**

Sung Kuk Kim, Yong Deog Lee, Bo Yeoun Yeou

Key Words : Nutation(뉴테이션), Damper(댐퍼)

ABSTRACT

(Nutation,) 가 ()
 ("nodding") 가
 (NutationDamper) 가
 가 (Precession)
 가 (Wobble motion)

1.

뉴테이션댐퍼는 위성체가 회전운동을 할 때 회전축에 대해 발생하는 동적인 불균형을 제거 하기 위한 수동적인 장비이다. 위성체가 발사체로부터 분리되어 회전상태에 돌입하게 될 때 분리 순간의 오차에 의하여 위성체가 순수한 회전 운동이 아닌 뉴테이션(nutation) 운동을 일으킬 경우, 이를 제거하여 순수한 회전 운동에 돌입하게 하는 역할을 수행한다.⁽¹⁾

뉴테이션댐퍼는 근본적으로 뉴테이션 운동으로 생성된 회전 에너지를 소산(Dissipation) 시킴으로써 회전 안정을 유지하게 된다. 뉴테이션댐퍼의 형태는 기하학적 형상에 따라서 튜브형, 원형, 스프링형 등으로 분리되며 대개 내부는 수은(Mercury)으로 채워져 있다.⁽²⁾

유도탄내에서 뉴테이션댐퍼의 역할은 자이로조립체의 원주상에 환형 튜브 형상으로 장착되어 자이로조립체가 세차운동(Precession)을 할 때 부가적으로 수반되는 바람직하지 못한 떨림(Wobble motion)인 뉴테이션을 감쇠시키는 기능을 수행한다. 환형 튜브형상의 뉴테이션댐퍼 속에는 수은과 탈륨의 혼합물인 탈륨아말감이 주입되어 있는데, 수은에 탈륨을 혼합한 이유는 동작 유체의 빙점을 저하시켜 시스템 동작 온도 범위 내에서 결빙 문제를 방지하고자 함이다.

뉴테이션댐퍼의 해외 도입이 어려울 때를 대비, 원활한 부품 공급을 위하여 국내에서 제작 및 시험을 수행해 보았다.

2.

2.1

회전 안정화는 최소의 복잡성과 무게만으로 회전축에 대하여 고정 관성 상태를 유지하므로 위성 항법에 가장 일반적으로 사용되는 방법이다.

(1) 능동형, 수동형 뉴테이션댐퍼

뉴테이션댐퍼는 크게 능동형과, 수동형으로 나뉘어 진다.⁽³⁾ 댐핑 할 때 외부 힘을 사용하느냐 하지 않느냐에 따라 구분한다. 능동 시스템은 위성체 내부에 존재하는 기계가 뉴테이션댐퍼에 대해 다른 제어 기능에 부가적으로 사용될 수 있을 때 채택된다.

능동 뉴테이션 시스템은 파동 가스 제트, 단축반향 휠, 제어 모멘트 자이로 그리고, 능동 유(油) 댐퍼를 일컫는다. 이러한 능동 시스템 기계장치는 이러한 특정성과 연관된 문제들을 포함하고 있어 본 연구에서는 다루어 지지 않는다.

수동 뉴테이션댐핑은 안정성, 효율 그리고 낮은 하중 때문에 대부분의 위성체에서 사용된다. 그러나 댐퍼는 뉴테이션댐핑의 목적으로만 사용되는 것이 요구된다.

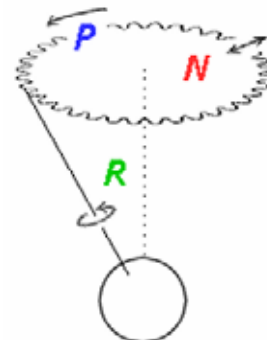


Fig.1 Rotation (green), Precession (blue) and Nutation in obliquity (red) of the Earth

(2) 댐핑에 대한 기준

댐핑 위성체 안에서 원심력의 변화는 회전 위성체

† 김성국 ; LIG 넥스원

E-mail : skkimf@lignex1.com

Tel : (054) 469-8814, Fax : (054) 469-8648

* LIG넥스원

** LIG넥스원

의 뉴테이션 에너지에 대한 수동적인 방사가 가능하도록 하는 중요한 부분이다. 반대로 회전 몸체의 각 부분에 일정한 힘 영역이 존재하기 때문에 순수 회전 상태의 몸체로부터 어떤 에너지도 수동 뉴테이션댐퍼에 의해 얻어지진 않는다.

뉴테이션댐핑에 대한 표준은 댐퍼가 회전을 보다 세차율이 높은 곳에 있는 위성체 내에 존재하는 것이다. 만약 이러한 조건에서는 댐퍼안에 마찰에 의한 끄는 힘은 뉴테이션에너지의 소비에 따라 회전을 증가시키는 경향이 있다. 이러한 표준은 디스크-형상의 위성체 안에 뉴테이션댐퍼를 위치시키는데 중대한 유효성을 준다.

2.2

뉴테이션댐퍼의 디자인은 기초 댐퍼 구성 요소에 대한 작동 원리와 특성의 선택으로 구성 된다.⁽³⁾

디자인은 원리적으로 다음과 같은 내용에 의해 얻어진다.

- (1) 고 댐핑과 무게 비.
- (2) 작동의 저급 기초.
- (3) 저 무게 및 부피.
- (4) 회전을 변화의 무감각과 위성체의 무게 분산.
- (5) 온도의 무감각.
- (6) 유리한 결합구조.
- (7) 장비 위치의 유연성과 위성체의 항법.
- (8) 위성체의 정적 그리고 동적 균형의 작은 효과.
- (9) 수치적인 모델링의 용이.
- (10) 지구에서의 시험 가능성.

뉴테이션댐퍼 디자인은 위성체의 역할에 의해 부과된 수행 요구 그리고 일반적으로 위성체의 모든 기계장치에 적용 가능한 구속 조건에 의해 좌우된다.

각 구속 조건은 구속 조건에 연관된 중요성을 지적하는 수치적인 가치에 의해서 표현된다.

다음은 역할 요구에 의해 부과된 디자인 구속 조건의 예이다.

- (1) 위성체의 질량 특성.
- (2) 최종 회전을.
- (3) 요구되는 시간 구속조건.
- (4) 허용가능한 잔여 뉴테이션.
- (5) 위성체 분산 결과.
- (6) 규정된 수명.
- (7) 댐퍼 특성의 선형성.

일반적인 구속조건은 다음을 포함하는 위성체에 부과된다.

- (1) 발사환경.
- (2) 단기간의 환경 효과.
- (3) 장기간의 환경 효과
- (4) 위성체의 통합.
- (5) 신뢰성.

3.

3.1

본 연구에서 제작한 뉴테이션댐퍼는 커버(Cover)와 베이스(Base)로 구성되어 있으며, 커버와 베이스 내에 탈륨아말감(탈륨과 수은 혼합물)을 주입(충진각 160°~200°)한 후, 레이저 용접한다.

3.2

뉴테이션댐퍼의 제작 공정은 다음과 같다.

- (1) 도면에 맞춰 금속 판금(커버, 베이스)을 한다.
- (2) 연마된 금속을 진공 포장한다.
- (3) Glovebox 를 진공 상태로 유지하고, Ar(아르곤) 가스를 Glovebox 에 주입한다.
- (4) 진공 포장된 금속을 Glovebox 내에 삽입한다.
- (5) 탈륨아말감을 커버 표면 위에 정해진 양만큼 떨어뜨린다.
- (6) 탈륨아말감이 놓여진 커버 위에 베이스를 올려 놓는다.
- (7) 금속의 중심에 레이저 용접(가접)한다.
- (8) 금속을 회전시키면서 가장자리를 레이저 용접한다.
- (9) Glovebox 에서 꺼내어 금속 표면의 중심을 프레스 cutting 한다.
- (10) 금속표면에 에나멜 페인트로 칠한다.
- (11) 탈륨아말감의 누수 여부를 확인한다.



Fig.2 GloveBox

4.

가

4.1

X-ray

제작된 뉴테이션댐퍼 내에 있는 탈륨아말감의 충전량을 확인하고자 X-ray 촬영을 수행하였다. Fig. 3 은 제작된 10EA 의 뉴테이션댐퍼를 바닥에 놓힌 상태에서와 10EA 의 뉴테이션댐퍼를 겹친 후 세운 상태에서 그리고 뉴테이션댐퍼를 45 ° 기울인 상태에서 찍은 X-ray 사진이다.

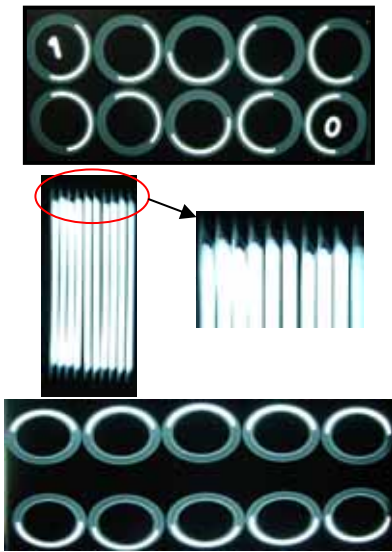


Fig. 3

Fig. 3

160°~200°

180°

가

. 즉, 뉴테이션댐퍼를 세웠을 때 탈륨아말감이 중력에 의해 아래쪽으로 쏠리게 되고 탈륨아말감이 180° 이상 충전 된 경우 모서리 부분에 탈륨아말감이 많이 채워져 있음을 확인 할 수 있다.

4.2

(1) 조립체 시험

뉴테이션댐퍼가 조립되는 상위조립체를 시험 장비를 이용하여 자이로의 발란싱을 맞추고, 그 후 각 축에 대한 자이로의 좌표값을 읽어 리사주 그림을 그릴 때 본 연구에서는 각 축에 대한 자이로의 좌표값이 얼마인지 확인하고 일정 시간내에 자이로가 회전 안정화를 얻어내는지 확인 하고자 한다.



Fig. 4 뉴테이션댐퍼 및 자이로조립체 사진

시험 장비를 이용하여 발란싱 시험을 수행할 때에 각 축에 대한 값을 읽어서 리사주 그림을 그리도록 장비가 구성 되어 있으며, 이때 리사주 그림을 그리기 위한 각 축의 좌표값을 DT 보드를 사용하여 얻어 내도록 구성하였다. 시험 후 시간에 따른 각 축에 대한 좌표 값을 비교 분석 해 보고 회전안정화 특성

을 나타내는지 확인해 보았다.

장비 구성은 전용 장비에 점검 프로그램을 구동하고 데이터(각 축에 대한 좌표 값)를 얻을 수 있도록 선들을 연결, 구성하여 시험을 수행하였다.



Fig. 5 시험 장비 구성 사진

4.3

시험 후 뉴테이션댐퍼를 적용한 자이로 조립체의 구동시에 나타난 각 축에 대한 변위 값을 Fig.6 에 나타내었다. 이때 Z 축에 대한 값은 거의 0 이므로 나타내지 않았다.

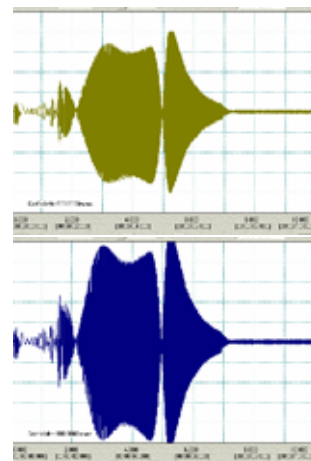


Fig. 6 각 축 방향 변위 결과

국내 업체를 통해 뉴테이션 댐퍼를 제작하여 상위 조립체에 조립 후 시험 장비를 이용하여 검증 시험을 하였으며, 기존 공급되는 뉴테이션댐퍼를 상위조립체에 조립하여 시험한 데이터와 비교해 보았으며, 동일한 특성을 나타냄을 확인 할 수 있었다. Fig. 7은 자이로 조립체의 상위 조립체를 구성 후 시험한 결과이다.

5.

뉴테이션댐퍼를 국내 기술로 제작해 보았으며, 뉴테이션댐퍼를 조립한 자이로조립체의 특성을 확인해 보았다. 시간에 따른 각 축에 대한 값을 확인 할 수 있었으며, 일정 시간 내에 자이로가 회전 안정화를 얻어내는지 확인 할 수 있었다.

유도탄에 조립되는 뉴테이션댐퍼의 국내 개발 가능성을 확인 할 수 있었으며, 상위조립체에 조립하여 시험 장비를 이용한 검증을 통해 유도탄에 적용 가능성을 확인 할 수 있었다.

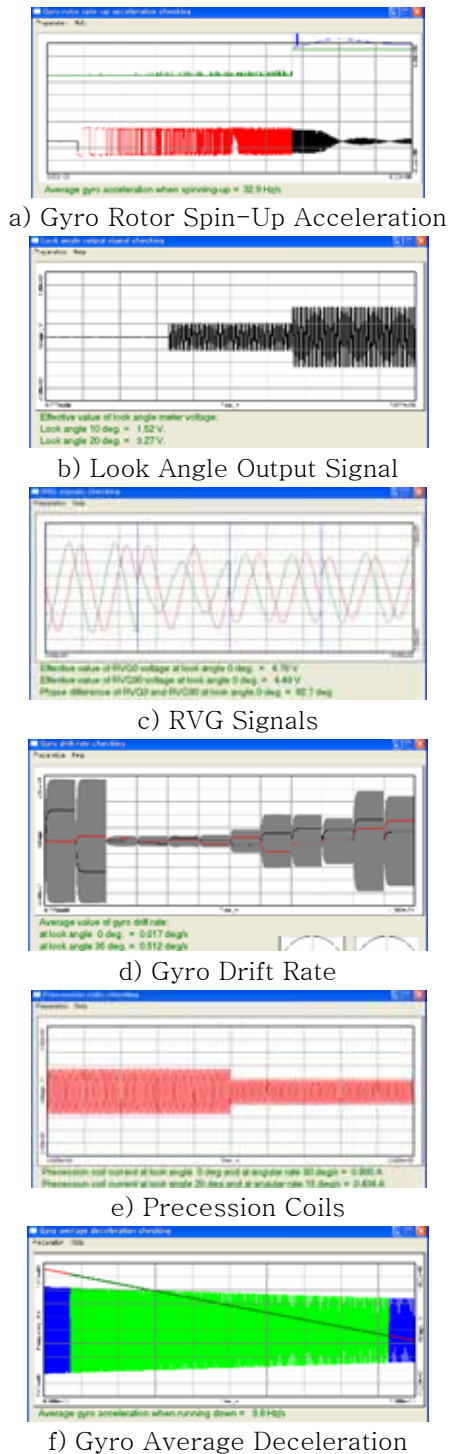


Fig. 6 시험 장비를 이용한 시험 결과

(1) W. Koppen, 1974, "THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF ANNULAR NUTATION DAMPERS"

(2) Alfriend, K.T. : "partially filled viscous ring damper" - AIAA Paper no.73-143 or J. of Spacecraft, 1974, p.456-462

(3) George C. Herzl, Lockheed Missiles & Space Company, Palo Alto, California, "FIFTH AEROSPACE MECHANISMS SYMPOSIUM"