

2축 짐벌 안정계 동특성 고찰을 통한 해석 모델링 검증에 관한 연구 Study for verification of Analysis modeling with investigating dynamic characteristic about 2 axes gimbals system

김만달* · 이용덕** · 김성국**

Man-Dal Kim, Yong-Deog Lee, Sung-Kuk Kim,

Key Words : Frequency(주파수), Gyrocope(자이로), Gimbals (짐벌), Mode shape , Dynamic Characteristic(동특성), Stabilizing platform(안정화 플랫폼), Nastran

ABSTRACT

2 axis gimbals systems are extensively used in various tracking devices for attaining the system's objective. Designers are sometimes passing over the dynamic characteristics of system in vibrating condition.

In this paper, 2 axis gimbals systems including interface elements is modeled with finite elements. To verify this model, the finite element model is refined by using the experimental model data. The refined model is simulated with I-DEAS and MSC.NATRAN's FRF(Frequency response Function) and RRA(Random vibration Response Analysis function) to get dynamic characteristics of 2 axis gimbals system.

1. 서 론

2축 짐벌 안정계는 Elevation축 및 Azimuth축 방향의 2자유도 회전 운동을 발생시켜, 원하는 위치를 지향하거나 추적하는 목적으로 사용되고 있다. 이를 위하여 2축 짐벌은 외란의 변위와 각속도를 검출하고 검출된 변위를 보상하여 주는 안정화 시스템이 필요하다. 안정화 성능을 만족하기 위하여서는 높은 시스템 제어 대역확보가 필요하며, 제어대역 내에서 시스템의 고유진동수가 존재하지 않아야 하며, 구조상 불가피하게 존재하게 된다면 안정화 성능을 달성할 수 있는 대역으로 구조물의 동특성을 최적화 시켜야한다. 특히 정밀한 영상을 획득하고 이를 영상을 신호처리를 하는 소형 영상 추적 시스템의 경우에는 2축 짐벌 위에 영상 획득을 위한 많은 부품들이 탑재되므로 구조물의 강성을 확보하기 어렵다. 또한 짐벌 구조물이 운용 환경에서 부품의 손상이 없고, 목표물을 추적하는데 외란의 영향이 작게 설계 하여야 한다.

큰 추력을 받는 2축 짐벌 안정계는 강력한 추진력에 의해 발생하는 외력에 대해 강인하도록 짐벌 구조물을 설계하여야 하는데, 이를 위해서는 시스템의 개념 설계 단계에서부터 시스템 개념분석과 해석이 필요하며, 짐벌 구조물의 진동 특성 해석이 필수적이라 할 수 있겠다.

본 연구에서는 영상 추적 시스템에 사용되는 2축 짐벌 안정계에 관한 연구로, 구성하는 구조물 부분계의 동특성 파악하고, 해석 Data를 비교, 분석하여 시스템 단위의 해석모델을 구축한 후 해석 모델을 이용한 설계 결과와 실제 제품의 동특성 결과를 비교하여 2축 짐벌 안정계 설계를 위한 해석적 모델링의 적정성을 검증하였다.

2. 2축 안정계 시스템

2.1 구조

(1) 내부 짐벌

내부 짐벌은 영상 신호를 획득하기 위한 광학부, 각속도 및 위치를 검출하는 센서부, 짐벌을 회전하기 위한 베어링과 모터로 구성된 구동부, 이를 지지하는 내부 짐벌로 구성되고, 그림(1)에 나타내었다. 구동 방향은 Elevation축 방향으로 회전하는 역할을 한다.

* 넥스원퓨처(주)
E-mail : mdkim@nex1.co.kr
Tel : (054) 409-8648 Fax : (054) 409-8648

** 넥스원퓨처(주)

(2) 외부 짐벌

외부 짐벌은 위치를 검출하는 센서부, 짐벌을 회전하기 위한 베어링과 모터로 구성된 구동부, 내부 짐벌과 이를 구성하는 외부 짐벌로 구성된다. 외부 짐벌은 Elevation축 및 Azimuth축 방향의 회전 간섭을 피하기 위하여 구조적으로 취약한 형태를 구성하게 되고, 그림(1)에 나타내었다.

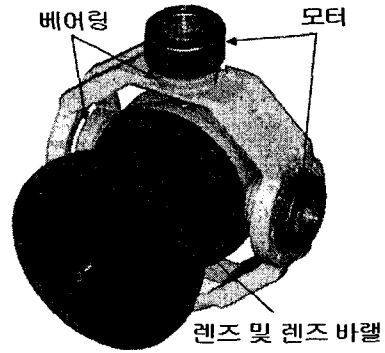


Fig. 3 2축 짐벌 베어링 및 모터 구조

3) Interface 요소를 포함한 2축 안정계

2축 짐벌 안정계은 외부 짐벌과 내부 짐벌을 제어함으로써 목표하는 영상 신호를 추적하고 획득할 수 있다. 본 연구에 사용된 2축 짐벌 안정계는 서로 베어링으로 연결하였고, 각 회전 방향에 대한 제어를 위해서 모터를 부착하였고, 그에 따른 여러 가지 배선과 센서를 포함한 그림을 그림(2)에 나타내었고, 2축 짐벌 안정계의 동특성에 영향을 주는 요소 중 베어링과 모터에 대한 구조는 그림(3)에 나타내었다.

2.2 2축 짐벌 안정계 주요 변수 추출

(1) 주요 부품별 고유진동수 측정

2축 짐벌 안정계를 이루고 있는 주요 구성품들은 먼저 영상 신호를 획득하는 장치인 Lens와 Lens barrel과 이 Lens들의 신호를 받아들이는 검출기와 다른 여러 가지 배선들을 지지하고 있는 짐벌과 회전 방향에 대한 제어를 담당하고 있는 모터로 구성한다. 이런 요소들에 대한 각각의 모델링과 각 구성품들의 고유진동수를 추출하였다.

3D 모델링은 I-Deas를 이용하였고, 해석을 위하여 사용한 상용코드는 Natran2005를 사용하였으며, 그 결과는 표 1.에 나타내었다.

Table 1 각 구성품별 고유진동수

Mode	Natural Frequencies (Hz)			
	Outer Gimbal	Inner Gimbal	Lens Barrel	Detector Assembly
1차	1408.2	4738.0	1847.6	3058.5
2차	1507.4	5760.6	1855.6	3585.3
3차	2017.3	5850.0	3119.1	3826.7

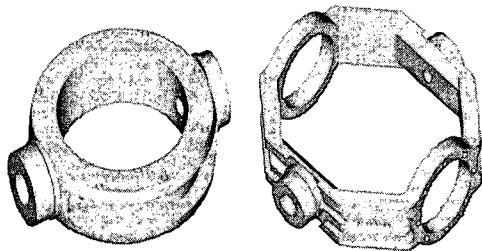


Fig. 1 내부,외부 짐벌 구조

(2) Interface 요소를 포함한 회전 강성 측정

2축 짐벌 안정계의 인터페이스에 사용되는 여러 가지의 가스관 및 케이블들 모두의 강성을 직접적으로 구하는 것은 대단히 어려운 일이다. 이런 요소들을 포함한 2축 짐벌 안정계의 회전 강성을 구하기 위한 방법으로 안정 루프 제어기에 특정 입력신호 파형을 인가하고, 실험 장치에서 짐벌각 θ 에 대한 모터의 토크 곡선을 이용하였고 그림(4)와 같은 그래프를 이용하여 회전에 대한 스프링 상수를 구할 수 있다.

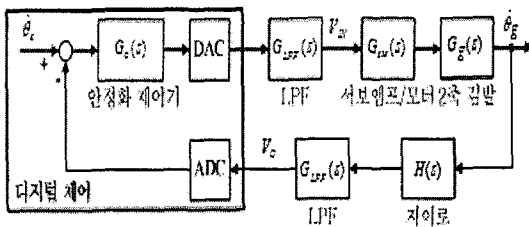


Fig. 2 2축 짐벌 안정계 구조

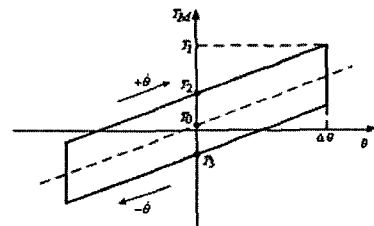


Fig. 4 짐벌각 θ 에 대한 모터의 토크 곡선

$$K = (T_1 - T_2) / \Delta\theta \quad (1)$$

실제 실험 장치로 측정된 짐벌각 θ 에 대한 모터의 실제 토크 측정 곡선은 그림(5)와 같다. 그림에서 식(1)을 사용하여 계산된 스프링 상수는 $K = 0.0126 [Nm/rad]$ 이다.

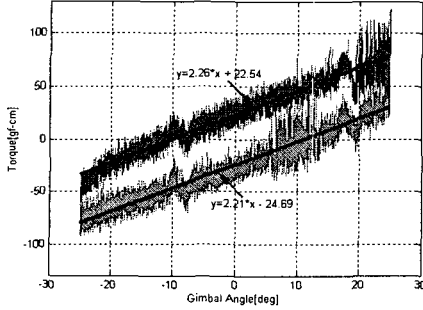


Fig. 5 짐벌 각 θ 에 대한 모터의 토크 측정 곡선

(3) 베어링 강성 및 모델링

2축 짐벌 안정계에 사용된 베어링은 깊은 홈 베어링을 사용하였으며, 베어링은 배치 관계로 각 회전 축에 대하여 3개를 사용하고, 회전축 좌. 우에 단열과, 복열의 베어링을 배치하였다.

베어링의 예압은 3kgf(6.6lbs)로 인가하였고, 이때의 축방향 및 경방향 강성은 83,000lbs/in, 167,000lbs/in로 나타났으며, 본 데이터는 제작사에서 보내온 자료를 이용하였다.

각 베어링에 대한 유한요소 모델링은 베어링이 들어가는 지점의 노드점을 이용하여 베어링 외륜의 모든 노드점과 내륜의 모든 노드점을 REB2 요소를 이용하여 연결하였고, 서로 같은 위치에 연결시켜, 강성을 증가하는 방식으로 모델링 하였고, 그림(6)과 같이 나타내었다.

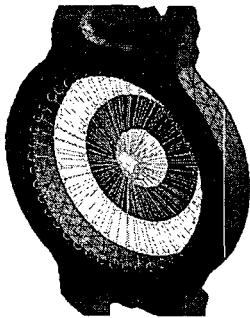


Fig. 6 축 방향의 베어링 모델링

2.3 시스템 동특성 해석

(1) Normal Mode 해석 모델링 구현

여러 가지 부품들이 조립된 2축 짐벌 안정계의 동특성을 파악하기 위하여, 여러 구성품 가운데 주로 영상 신호를 획득하기 위한 주요 모듈인 광학부와 2축 짐벌 그리고 이를 연결한 베어링과, 모터를 2축 짐벌 안정계로 구성하여 전체 시스템 단위로 모델링하여 그림(7)에 나타내었다. 짐벌을 지지하고 있는 프레임은 전체 프레임에 고정되어 있기 때문에 베어링 연결 부위에 대한 내용만 모델링 하였다. 해석으로 얻어진 주파수를 표2에 나타내었다.

Table 2 2축 짐벌 안정계의 Normal Mode 해석

Mode	Natural Frequencies (Hz)		
Mode 1	319.08	mode 7	1147.9
Mode 2	377.03	Mode 8	1317.2
Mode 3	565.21	Mode 9	1564.2
Mode 4	806.58	Mode 10	1647.6
Mode 5	997.32	Mode 11	1972.1
Mode 6	1047.5	Mode 12	2417.3

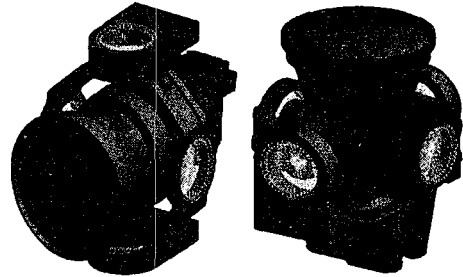


Fig. 7 2축 짐벌 안정계 해석적 모델링 구현

(2) Frequency Response 해석 모델링 구현

2축 짐벌 안정계는 설치되는 방향에서 Gimbals Support 를 통해 수직방향의 가진에 크게 노출될 것이다. 본 연구에서는 수직 방향에 대한 입력 값을 주고 그에 대한 주파수 응답 해석을 함으로써, 실제 환경에서 일어날 수 있는 가진에 대한 2축 짐벌 안정계의 응답을 확인하고자 하였고, 그 결과를 그림(8)에 나타내었다.

Displacement at each nodes on the 2axis Gimbals System

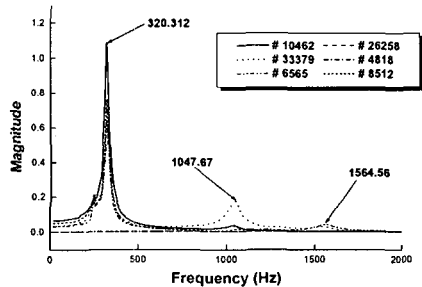


Fig. 8 모델의 주파수 응답함수 그래프

(3) 실험을 통한 모델링 검증

해석적 모델링으로 구축된 2축 짐벌 안정계 모델링을 검증하기 위하여 시제품을 직접 FFT 분석기를 사용하여 주파수 응답함수를 구하였고, 측정시 측정위치와 가진위치는 그림(9)과 같다.

실환경과 같이 안정화 Loop 동작시의 회전 방향에 대한 강성을 확인하기 위해 전원이 인가된 상태에서는

실험하였다. 이때 제품을 완전하게 고정하기 어려웠고, 여러 가지 센서 및 장비를 구동하기 위해 설치된 배선과 가스관들에 의한 영향이 실제 실험에서 반영된 것을 확인할 수 있었다. 그 결과를 그림(10)에 나타내었다.

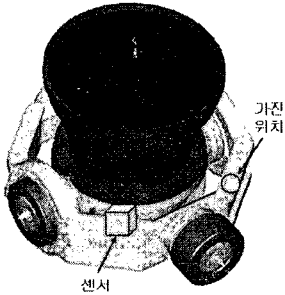


Fig. 9 진동 계측 위치

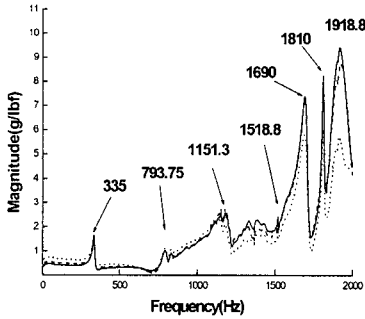


Fig. 10 진동 측정 그래프

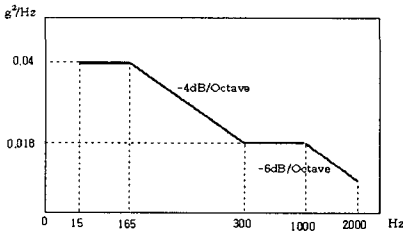


Fig. 11 Random Vibration Input Data

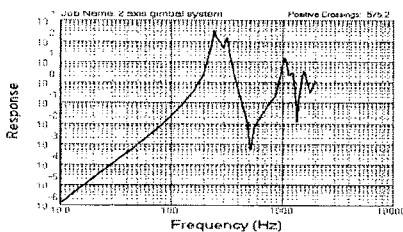


Fig. 12 Random Vibration Output

3. 모델을 이용한 강제 진동 해석

3.1 강제진동 해석

2축 짐벌 안정계의 운용환경에서 요구되는 진동시험 규격은 그림(11) 과 같이 주어진다. 이와 같은 입력을 받고 있는 2축 짐벌 안정계에 대한 해석적 모델링은 그림(12)과 같이 나타난다.

이런 해석적 모델링을 통하여 추후 실제 환경시험에 위치별 진동값을 예측할 수 있으며, 설계시 보완할 사항에 대하여 분석할 수 있다. 또한 구성품과 2축 짐벌 안정계의 동특성을 상호 비교하므로 설계의 효율화를 기인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 2축 안정계 해석적 모델을 구축하고 시뮬레이션을 이용한 2축 짐벌 안정계 설계분석 가능성을 검증하였다. 기존에는 각 구성품의 동특성을 확인하더라도 짐벌간 통신과 성능을 위하여 Interface 되는 부분의 특성을 어떻게 추출하고 적용하는가에 대한 많은 고민이 있었으나 필요한 각각의 파라미터를 추출하는 방법을 제시하고 이를 해결해나가는 절차를 제시하므로 앞으로 개발되는 유사한 2축 짐벌 안정계 설계에 많은 도움을 주리라 예상된다.

차기 개발 모델은 현재 제안한 해석적 모델을 이용하여 개발하고 시제를 제작하여 제품별 주요 파라미터 추출방법의 적합성을 검증하고자 한다. 본 연구에서는 2축 짐벌 안정계 해석적 모델링 설계하였고, 실험을 통하여 이를 검증하였다. 구현된 해석 모델링을 통하여 유사한 시스템의 설계에 효율을 기할 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) 강호균, 김치열, 이승하, 여보연, 이호평, 윤재룡, 2005, "플랫폼 운동이 있는 2축 짐벌 시스템의 디지털 안정화 루프 설계", 유도무기학술대회
- (2) 신유진, 성기준, 강호균, 여보연 2005 "RecurDyn/Matlab을 이용한 2축 짐벌 시스템의 동특성 해석", 한국항공우주학회
- (3) "Introduction to MSC/NASTRAN", Frequency Response Analysis, pp162~191.
- (4) D. J. EWINS "MODAL TESTING S theory, practice and application Second Edition"
- (5) "Making Measurements with SignalC 및 ACE", Modal Testing, pp 210~219.
- (6) "I-DEAS Mastre Series™", I-DEAS Design Application,