

거울안정화 제어시스템의 편류발생에 대한 모델해석과 자동
편류보정 회로설계방법

김영대 전병균 김도종 (국방과학연구소)
최태봉 (삼성전자)

Drift Modelling and Compensator Design in Stabilized
Mirror Control System

Y. D. KIM , B. G. JEON , D. J. KIM (A.D.D.)
T. B. CHOI (S.E.C.)

There are many kinds of drift source in angular velocity feedback stabilization system. We discussed and analyzed the source of drift, and suggest the drift compensation method for null drift system.

In this paper, the performance of drift compensators is tested and proved by real 2 axis mirror stabilization system and computer simulation

1. 서 론

시스템 안정화란 시스템에 한정된 입력 또는 외란 (Disturbance)이 가해졌을 때 그 응답의 크기가 한정된 범위내에 존재하는 것을 말한다. 다시말해서 거울안정화 제어시스템에 있어서 운영자가 대상물을 추적하기 위하여 입력신호를 가했을 때 시스템의 시선 (LOS: Line of Sight)이 한정된 범위내에서 대상물을 추적하고 외부로부터 외란이 롤 (Roll), 피치 (Pitch), 요 (Yaw) 방향 등 복합적으로 인가될 때 안정기울의 시선이 한정된 범위내에서 유지되는 것을 말한다. 이러한 안정화 제어 시스템의 구성품은 보통 외란을 감지하는 감지기 (Sensor), 제어신호를 발생시키는 보상기 (Compensator), 신호증폭기, 구동모터 및 안정기울의 부착된 김벌 (Gimbal)로 되어 있으며 그림 1과 같다.

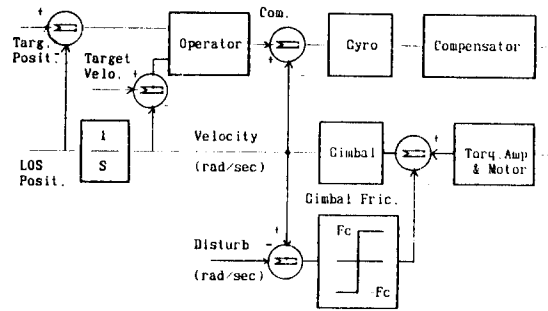


Fig. 1 Stabilization System Block Diagram

일반적으로 안정화 시스템을 감지기로서 2축의 속도 제어기를 사용한 속도피드백 제어시스템으로 구성되는데 외부적으로는 운영자에 의한 위치제어 루프 (Loop)가 된다. 예들들어 운영자가 특정한 위치에 있는 대상물을 관찰하기 위하여 특정한 위치에 안정기울을 이동시킨 후 정지상태를 유지하고자 할때 운영자는 먼저 구동명령을 인가하여 목적물을 움직이도록 하고 김벌의 원하는 위치에 도달하였을 때 구동명령을 '0'으로 되게 하므로써 가능하다. 이때 특정한위치에 김벌을 유지시키기 위하여 구동명령을 '0'으로 하였을때 김벌이 정지한 상태로 있어야 하나 속도제어 시스템의 오차에의하여 김벌이 움직이는 소위 '편류' 현상이 발생한다.

본 연구에서는 이러한 편류현상의 원인을 규명하기 위하여 안정화 제어시스템에 사용하고 있는 속도제어의 계측정확도에 의한 편류발생현상을 해석하고 제

어러우프의 정상상태 오차에 의한 편류발생 가능성을 분석하며, 속도명령신호 버퍼(Buffer) 회로의 오프셋(Offset)에 의한 영향을 파악하였다. 그리고 편류의 발생원인을 실제 2축 안정화 제어시스템을 통하여 확인하였으며 그것에 대한 해결방법을 제시하였다.

2. 안정화시스템

그림1과 같은 구조를 갖고 있는 속도루우프의 전달함수를 그림2에 나타내었다. 그림2에서 보편 시스템 중 적기 운영자의 구동명령에 따른 제어응답과 외란에 대한 안정화 주입을 갖고있음을 알 수 있다.

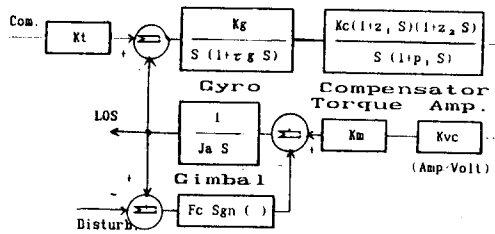


Fig.2 Transfer Function of Stabilization System Block Diagram

제어에 사용되어진 제어기는 정밀안정화시스템에 적합한 속도피분 제어기이며 보상의 Lead Lag로 상각된다. 감법은 이동속도가 빠르지 않으므로 감성이 잘 동작할 수 있고 토크모터의 모모가 충분히 크므로 감리비율을 무지할 수 있어, 본 루우프에는 불동비율만 고려하였다. 그림 2의 안정화시스템에서 속도명령에 대한 직전영역에서의 제어응답과 외란입력에 대한 직전영역에서의 안정화 응답의 시뮬레이션은 그림3과 4에 나타내었다.

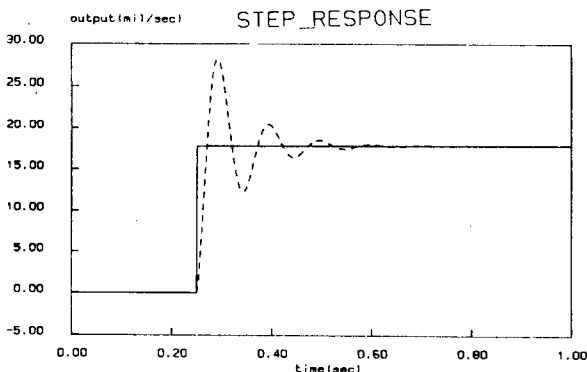


그림3. Step Response of Control Loop

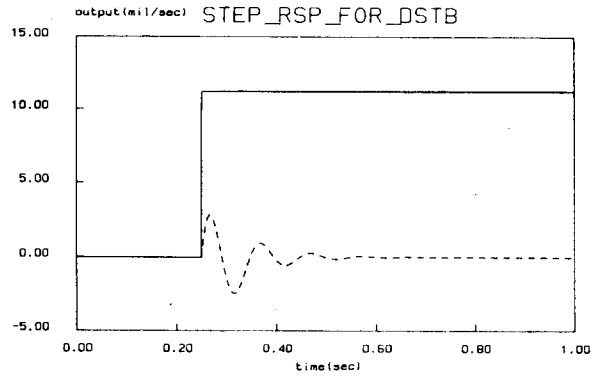


그림4. Step Response of Stabilized loop for step Disturbance

그림3의 속도명령 응답과 그림4의 외란응답을 보면 정상상태에서 오차의 발생위험 감소므로, 논리적으로는 제어에 의한 안정화 대책 효과가 알 수 있다.

3. 편류보償

안정화 제어시스템에서 규정하고 있는 목적물의 이동 속도는 최대 1 rad/sec 이고 피소 0.25 rad/sec 수준으로 제어되고 있으며 편류는 항상 9.025 rad/sec 이하를 목표로 규제하고 있다. 따라서 안정화 제어시스템 속도제이 정확도는 최대속도의 25 100000 이상을 요구하고 있다. 이렇게 고정확도의 제어로서 규제 가능한 편류는 속도감각기의 감지오차, 외부명령에 유입되는 들어오는 입력오차, 그리고 제어기 자체의 정상상태 오차에 의한 것으로 나눌 수 있다. 그러나 2장에서 보아지듯 제어기는 일반적으로 시스템의 정상상태 오차가 1%이 되도록 설계되어 지므로 제어기의 정상상태 오차에 의한 편류는 보통의 경우 발생하지 않는다고 할 수 있다. 그림 5는 편류발생 원인을 고려한 안정화시스템의 블록다이아그램이다.

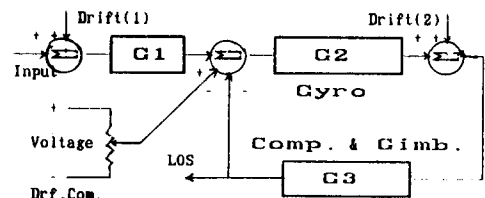


Fig.5 Drift Cause & Manual Drift Compensator

그림 5에서 편류나 다른 입력신호를 시스템에 인가하기 위하여 입력신호의 필터링(Filtering) 및 버퍼를 위해 사용되는 회로에 의하여 발생하는 잡음으로서 목표 편류 요구량은 $\pm 10\text{volt}$ 의 명령신호 영역에 대하여 0.2mv 이하의 Noise Offset 수준이다. 따라서 이와 같은 오프셋제어를 위해서는 주변환경에 영향을 적게 받은 우수한 전자부품을 사용한 세심한 회로설계가 요구되어진다. 이러한 오프셋형의 편류발생 원인을 주로 온도, 습도등의 외부환경에 의한 것으로 랜덤(Random) 특성을 갖고 있으며 추가의 오프셋 조정으로 제어될 수 있지만 외부환경 변화등으로 오프셋이 변할때는 항상 재조정이 되어야 하는 불편함이 있다. 따라서 이와같은 오프셋 변화에 의한 편류는 적당하고 방식의 신호전달체계에서 발생하는 것으로서 비감탈방식 체계를 갖추므로써 해소 할 수 있다.

편류(2)는 자이로파제의 랜덤편류에 의한 시스템 편류를 나타내고 있다. 일반적으로 안정화 시스템에 사용되어 지는 자이로의 정밀도는 $5\sim 20\text{ deg/hr}$ 정도의 랜덤편류를 갖고 있으며 표1은 본 시스템에 사용되어진 자이로의 특성을 보여주고 있다.

표 1 자이로 편류 성능

구 분	성 능
랜덤 편류	$10^\circ/\text{hr}$
g - sensitive 편류	$10^\circ/\text{hr}/g\text{vert}$
g^2 - sensitive 편류	$0.3^\circ/\text{hr}/g^2$

표1에 나타난 랜덤편류의 g sensitive 편류는 자이로가 부착된 김벌의 위치에 따라 나타나는 Deterministic 편류로서 김벌의 위치를 감지하면 보상 가능하다. 그러나 랜덤편류는 특성상 보상이 어려운 편류인 자로서 외부 오프셋 변화에 의한 편류현상과는 달리 김벌의 구동시마다 그 양이 랜덤하게 변화하므로 낮은 가격의 저정밀도 자이로를 사용하는 시스템에서는 편류가 크게 나타난다.

3. 편류보상의 설계

가. 수동보상기

수동보상기는 저 정밀도의 안정화시스템에서 일반적으로 사용되어지는 방법으로서 g sensitive 자이로 편류와 외부 오프셋 변화에 의한 편류를 일시적으로 보상하는 회로를 부착한 것으로서 그림5에 나타나 있다. 여기에 사용되어진 수동편류보상기의 루우프 이득은 정상적인 루우프 이득의 $1/100$ 정도로서 고정확도의 전압을 시스템에 인가하여 편류를 보상한다. 그러나 이 방법은 외부영향 등으로 편류가 나타날 때마다 수동으로 조정하여야 하는 불편함이 있으며 자이로의 랜덤편류에 대해서는 보상할 수 없는 단점이 있다.

나. 외부 스위칭 보상에 의한 능동보상기

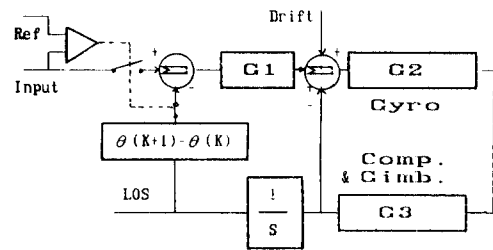


Fig.6 Drift Compensator Using Outer Feedback Loop

본 방법은 그림3과 같이 외부에 위치 피이드백루프를 추가하고 구동명령신호의 잡음을 무관심한 비교기를 부착한 것으로 구동명령의 경계진 범위내에 들어오면 잡음으로 인식하여 명령루프를 끊고 위치루프를 작동시켜 김벌의 움직임을 위치피이드백시켜 편류를 보상한다. 이 방법은 거의 완벽한 편류제거가 위치루프에 의해 이루어질 수 있는 반면 스위칭에 의한 회로의 복잡성과 구동명령신호 잡음의 문턱신호 설정이 어려운 단점이 있다. 그러나 안정화루프가 디지털 시스템으로 구성될 때는 회로가 간단하므로 편류 제거를 위한 좋은 방법이라 하겠다.

그림 7은 외부로부터 들어오는 편류에 대해 본 방법으로 편류를 보상했을때 김벌의 움직임을 나타내고 있다. 본 방법은 실제 2축 안정화시스템에 적용하였을때 거의 완벽하게 편류가 제거되는 것을 확인할 수 있었다.

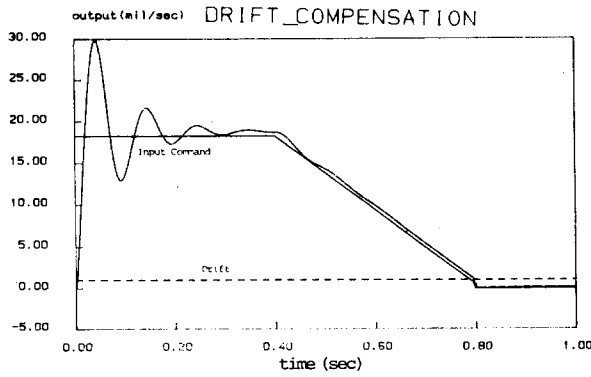


그림7. The Result of Drift Compensation

5. 결론

속도피이드백 안정제어시스템에서 발생하는 진동에 대하여 원인을 분석하고 그 보상방법을 제시하고 시뮬레이션 및 실제 시스템으로 확인한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

가. 아날로그 안정화 제어시스템에서는 신호전달 특성의 소르셋변화에 각별히 유의하여 설계 및 부품을 선정하여야 한다.

나. 수동편류보상기는 설계 및 제작이 간단하여 일시적인 편류보상에 의한 수시조정의 불편함이 있다. 외부위적피이드백 능동편류보상기는 랜덤편류 등 모든 편류에 적합한 보상방법이다.

참 고 문 헌

1. A. K. Mahalanabis, "Stabilization of contactor servos by using coulomb friction", Institute of Radio Physics and Electronics, University of Calcutta, Apr., 1960
2. J. L. Woodward, "Describing function for Nonlinear Friction in Relay Servos", IEEE Transaction on Automatic Control, vol. Ac-8, pp 260~262; July, 1963
3. B. C. Kuo, "Automatic Control System", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J 07632
4. "Tank Fire Control System Methodology, Analysis, and Results", General Dynamics Inc., 1989
5. "Numerical Recipes", Cambridge University Press, 1986