

서보 제어시스템을 이용한 로프 인장기 개발에 관한 연구

손정기*, 배종일**, 박종웅**, 강규모**, 이만형***

한국항만연수원*, 부경대학교**, 부산대학교***

Development of Rope Tension Tester for Servo Control System

J.G. Son*, J.I. Bae**, J.W. Park**, G.M. Kang**, M.H. Lee***

Korea Port Training Institute *, Pukyong National University**, Pusan National University***

Abstract - Various ropes used at the industrial fields can be used to experiment analyze tension tester development and also as an educational experiment tool.

Therefore the purpose of this paper is about rope tension tester development satisfying both safety and educational terms.

1. 서 론

산업현장에서 사용되는 와이어로프를 검사하지 않는 상태에서 사용하므로 화물의 파손 및 안전에 심각한 요인으로 작용하고 있으므로 반드시 검사를 거친 상태에서 로프를 사용해야 한다.

대부분의 전기 서보는 저관성서보 전동기나 저속토크서보 전동기의 직류서보 전동기를 이용한 직류서보가 사용되었다. 그러나 직류서보 전동기에는 전류를 바꾸기 위한 정류자의 브러시와 교류데이터의 마찰부분이 있어, 브러시 분말과 브러시·교류데이터 손상의 보상이 필요하다.

동기기, 유도기의 교류서보 전동기에는 정류자가 없기 때문에 보상이 없어도 된다. 교류서보 전동기를 구동시키려면 주파수를 변화시켜 속도를 변화 시킬 필요가 있는데 직류를 가변주파수의 교류로 변화시키는 성능이 좋은 인버터회로를 트랜지스터나 다이리스터 등 반도체 소자로 실현할 수 있게 되었으며, 마이크로 일렉트로닉스의 연산기술이 교류서보 컨트롤러에 이용되기 때문에 교류서보 전동기를 이용한 교류서보의 성능이 향상되었으며, 비용면에서도 직류서보에 필적할 만큼 되고, 무보상의 유리함으로 교류서보가 산업현상에 많이 사용되었다.

본 연구에서는 서보제어 시스템을 이용하여 각종 로프를 실험할 수 있는 인장기를 개발하는 데 이바지 하고자 한다.

2. 시스템의 구성

그림 1은 인장기의 시스템 구성을 나타내고 있다. 시스템은 다음과 같이 구성된다.

- ① 전원공급부 ② 전류제어부
- ③ 속도제어부 ④ 위치제어부

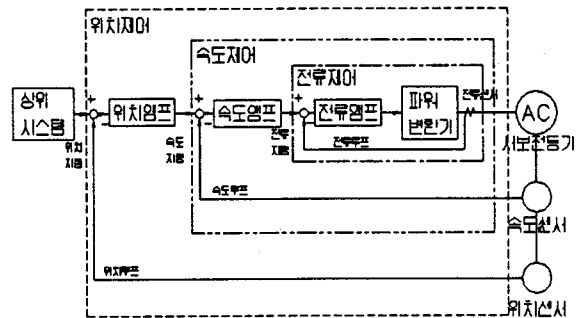


그림 1. 시스템 블록도

2-1 속도제어

속도제어계의 블록도를 그림 2와 같이 나타낸다.

여기서, K_{TG} 는 전압계수라고 하고, 속도검출기를 나타내고 있다. 이것은 회전축의 속도에 비례한 직류 전압을 발생시키는 요소이다. 회전방향이 반전하면 당연히 검출 전압의 극성이 바뀐다. 물론 엔코드를 사용할 경우에는 단위시간당의 펄스수를 검출속도로 간주할 수 있다.

전동기는 정지($V=0$)상태에서, 플러스의 속도지령 V_{ref} 를 부여하면 V_V 에서 V_{TG} 를 뺀 값의 편차 ϵ 는 플러스의 값을 취한다. ϵ , X , A_V 의 값이 가해지면 전기가 전류가 흐른다.

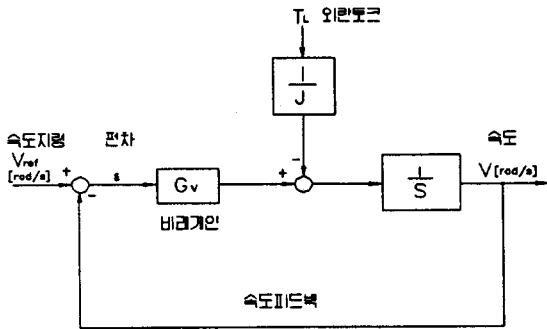


그림 3. 속도 제어계 (비례제어)

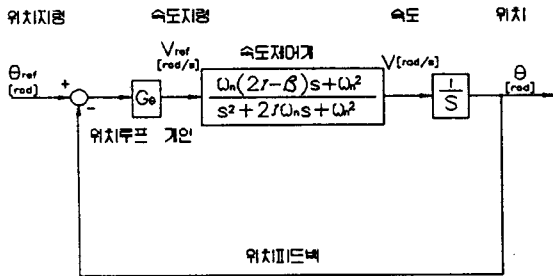


그림 4. 위치 제어계 (단위가 [rad]인 경우)

그림 5의 속도 단위가 [Pulse/s]로 바뀐다. 그림 3, 4에서 알 수 있듯이 속도의 단위에 신경을 써두면 위치를 [rad] 또는 [Pulse] 어느쪽으로 나타낸 경우라도 위치 루프의 게인 G_0 는 동일하다는 것을 알 수 있다. 그러므로 위치에 [Pulse], 속도에 [Pulse/s]라는 단위를 사용한다.

위치 제어계의 특성을 살펴보면, 위치지령 X_{ref} 로서 그림 6의 (a)처럼 직선의 기울기가 일정한 파형을 입력한다. (a)의 파형을 미분하면 그림 6의 (b)처럼 스텝 함수가 된다. 위치를 미분하면 속도가 되므로 입력신호의 속도 정보는 스텝함수이다.

그림 5에 있어 검출속도 V [Pulse]의 파형을 측정하면 스텝응답을 관측하게 된다. 여기에 오버슈트를 발생시키지 않으려면 다음 식(8)과 같이 게인 G_0 를 정하면 된다.

$$G_0 \leq 0.15\omega_n \quad (8)$$

식(8)보다 크게하면 오버 슈트가 발생하게 된다. 그림 7의 속도루프에서 오버슈트가 발생하지 않도록 ζ 와 β 의 값을 고른다. 게인을 설정하면 위치제어계를 그림(8)에 나타냈듯이 게인을 G_0 의 1차계로 취급할 수 있다. 그림(8)의 블록선에 있어 게인 G_0 를 간편하게 측정하는 방법은 없는가 생각해 보면

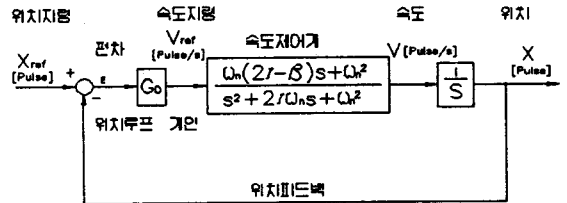


그림 5. G_0 를 바꾼 경우의 스텝응답

위치제어계에 그림 6에 나타난 것처럼 기울기(속도)가 일정값 F [Pulse/s]인 램프함수를 입력한다. 즉, $X_{ref} = F/S^2$ [Pulse]이다. 이것은 일정한 속도로 메카니즘을 움직이려고 하는 지령이다.

그림 8의 블록선도중 편차 $E(s)$ 는 다음 식(9)로 나타낼 수 있다.

$$E(s) = \frac{s}{s + G_0} \cdot \frac{F}{s^2} \quad (9)$$

식(9)을 역 라플라스 변환하면 $E = F/G_0(1 - e^{-G_0 t})$ 가 되고, 정상편차 ϵ 를 구하기 위해 $t \rightarrow \infty$ 로 하면 $\epsilon = F/G_0$ 가 된다.

F 의 속도로 메카니즘을 움직였을 때 위치의 편차가 ϵ 였다고 한다. 이 때 위치루프의 게인 G_0 를 K_p 로 놓으면, 식(9)에 의해 다음과 같이 표현할 수 있다. $K_p = F/\epsilon$ 가 되며, 이것을 이용함으로써 위치루프의 게인 K_p ($=G_0$)를 간단히 구할 수 있다.

여기에서 위치제어계를 P 제어계로 구성하고 이것을 1차 지연계로 근사하였다. 통상 고찰하는 범위로 이 모델 충분히 들어맞는다. 특히 중요한 것은 위치루프의 게인이 위에서 간단히 계산된다는 것이다. 위치제어 장치에서 위치의 정상오차 ϵ 를 쉽게 관측할 수 있기 때문이다.

서보 전동기를 사용하여 개발한 로프 인장기는 단위시간당 정확한 힘을 가할 수 있고, 시간에 대해서 로프의 절단되는 과정을 시각적으로 파악할 수 있으므로 교육용 자료로 활용이 가능하고, 결과 데이터를 컴퓨터 모니터를 통하여 즉시 보고 읽을 수 있는 특징이 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] "Gun/Turret Drive and Stabilization Subsystem Criticals System Development Specification", SB-BB- 179700, General Dynamic, 1982
- [2] T.R. Welch, "The Use of Derivative Pressure Feedback in High Performance Hydraulic Servomechanism", Journal of Engineering for Industry, pp 8-14, 1962.
- [3] K.J. Astrom and T. Haggund, Automatic Tuning of PID Controllers, Instrument Society of America, USA, 1988.
- [4] T. Umeno and Y. Hori, "Robust Speed Control of DC Servomotors Using Modern Tow Degrees-of Freedom Controller Design", IEEE Trans. Ind Elec., vol. 38, no. 5, pp. 363-368, 1991

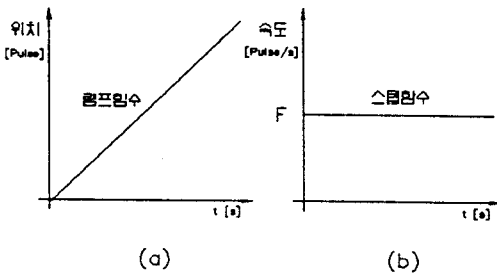


그림 6. 위치 제어계

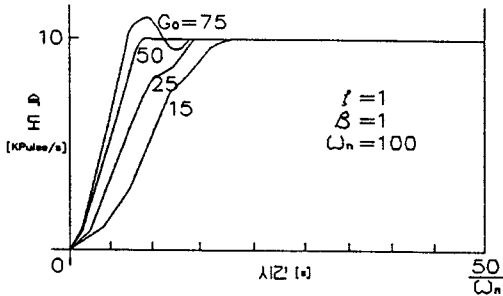


그림 7. G_0 를 바꾼 경우의 스텝응답

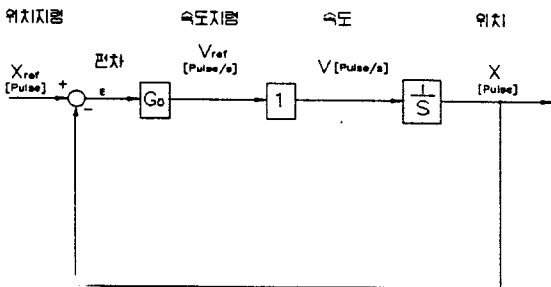


그림 8. 위치제어계

3. 결 론

산업현장에서 널리 사용되는 각종 로프를 실험 할 수 있는 인장기를 개발함으로써 산업안전사고 예방에 큰 기대가 있다.