

labVIEW를 이용한 Dynamic stiffness에 관한 연구

임재훈, 박승규, 안호균,곽군평
국립 창원대학교 전기공학과

Study of Dynamic stiffness using labVIEW

Jae-hun Lim, Seung-kyu Park, Ho-kyun Ahn, Gun-pyong Kwak
Dept. of Electric.Eng. Chang won National University

Abstract - This paper present dynamic stiffness of servo motor using labVIEW PXI module. In speed control loop, we apply proportional gain and integral gain, using PID controller, respectively in servo motor and confirmed dynamic stiffness of servo motor varing each gain. Changing proportional gain and integral gain, confirm what effect in dynamic stiffness are change in frequency response..

1. 서 론

오늘날 산업전반에 가장 많이 사용되어지고 있는 제어기는 PID 제어기이다. PID 제어기는 제어 변수와 기준 입력사이의 편차에 근거하여 계통의 출력이 기준 입력을 유지하도록 하는 피드백 제어로 비례제어, 적분이득, 미분이득의 값을 튜닝하여 원하는 플랜트의 응답특성을 내도록 설계 할 수 있다.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$

이와 같은 PID 제어기는 시스템의 성능을 개선시키는 효과를 볼수 있지만 e(t)의 값에 의해 각 gain의 값이 결정되어지는 형태이므로 각 gain에 대한 물리적 의미를 시스템과 결부하여 부여할 수 없는 단점이 존재한다.

그러나 Dynamic stiffness를 이용한 제어는 시스템이 가지고 있는 물리적 특성(Physical Property)을 이용하여 이들 값의 크기를 변화시키는 효과를 내는 제어 알고리즘을 바탕으로 시스템의 안정성을 확보하는 방식으로서 기존 PID 제어 방식과 차별화된 제어 알고리즘을 제시하고 있다. 또한 시스템 제어에 있어 외란에 대한 출력값을 비교하여 제어하는 방식으로 외란의 영향을 고려한 제어가 가능해진다.

하여 본문에서는 서보모터에 대하여 PI제어기를 이용하여 각 계인이 dynamic stiffness에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 labVIEW를 통해 FRF(Frequency response function)분석을 하고자 한다.

2. 본 론

2.1 Dynamic stiffness

서보모터 시스템에서 기준 입력 X(s)에 대한 모터의 출력 Y(s)의 비는 시스템의 전달함수를 의미한다.

$$TF = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

FRF 분석을 통해 계산되어진 보드선도의 크기(dB)는 다음과 같은 수식에 의해 결정되어진다.

$$Acc.dB = 20 \log \frac{Acc_{output}}{Acc_{ref}}$$

보드 선도의 magnitude(dB)의 역수를 취한값인 dynamic stiffness의 계산은 logarithmic summation을 이용하여 계산되어진다.

$$dynamic\ stiffness = 20 \log \frac{Acc_{ref}}{Acc_{output}}$$

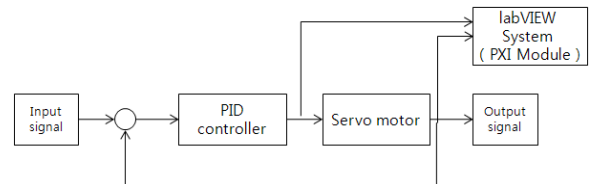
서보모터의 특정 주파수 영역대에서의 외란 입력에 대한 출력의 결과를 labVIEW를 이용하여 FRF 분석해 본 결과 보드선도의 magnitude(dB)의 값, 즉 외란 입력에 대한 출력의 비가 고주파로 갈수록 낮아짐을 확인 할 수 있었다. 이는 고주파로 갈수록 외란 입력에 대한 영향이 낮아진다는것을 의미한다. 따라서 전달함수의 역수를 취한 값인 Dynamic stiffness 분석의 경우 특정 주파수 영역에서 고주파로 갈수록 외란 입력에 대한 출력의 비가 커짐을 예상할 수 있다. 보드선도에서 magnitude(dB) 값이 낮을수록 외란에 입력에 적은 영향을 받듯이 dynamic stiffness 관점에서는 특정 주파수 영역대에서 magnitude(dB) 값이 클수록 외란 입력에 대하여 출력에 미치는 영향이 낮다는것을 의미한다.

2.2 labVIEW를 이용한 dynamic stiffness 측정

서보모터의 dynamic stiffness를 측정하기 위해 본 논문에서는 FRF 분석을 위해 labVIEW 시스템을 이용하였다. 실험에 쓰인 장비로서 NI (National Instrument)사의 PXI-1042Q module로 Data Acquisition Card PXI-6733 (MIO-Multi Input Output : Analog output 用) 과 PXI-4472B (Dynamic Analyzer: Analog input 用)가 사용되어졌으며 Interface Board로는 SCB-68 (Terminal Board)를 사용하였다. 사용되어진 모터는 삼성전자의 SCM형 서보 모터를 사용하였다.

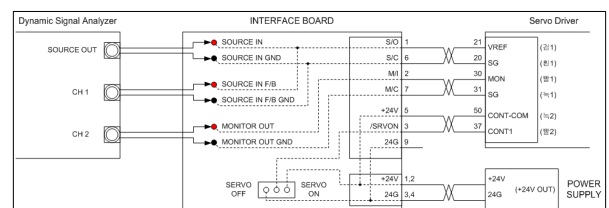
서보 모터의 FRF분석을 위해 외란 신호가 가미된 Swept sine signal (Chirp signal)를 입력신호로 쓰였고 출력신호는 모터에서 나오는 출력 신호로 쓰였다.

시스템의 전체적인 구성도는 <그림 1>과 같이 나타내어진다.



<그림 1> 시스템 구성도

또한 PXI module (analog input 과 output 단자) 과 서보모터 드라이버간의 signal 연결은 <그림 2>와 같이 연결하였다.



<그림 2> PXI module 과 servo driver 의 연결도

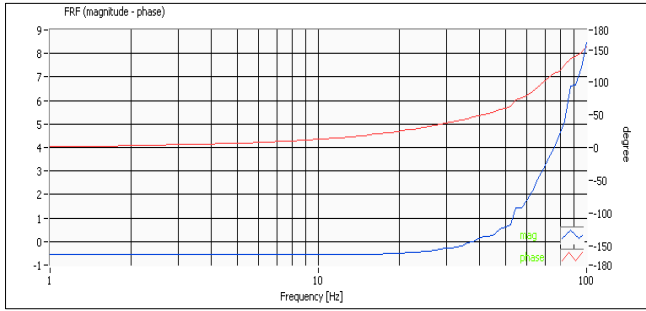
위와 같이 구성되어진 시스템에서 비례 계인과 적분 계인의 변화에 따른 서보 모터의 dynamic stiffness 에 어떠한 변화가 있는지에 대해 논의해 보고자 한다.

2. 3. 실험 결과

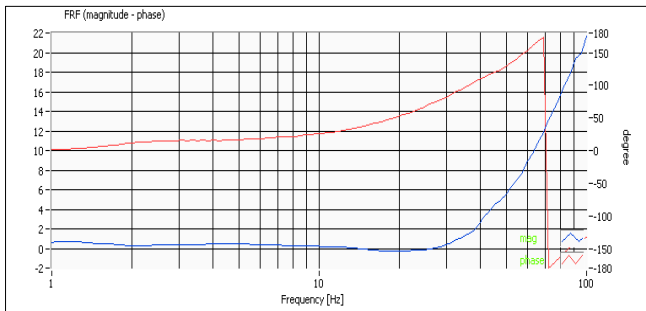
2.3.1 비례 계인에 따른 Dynamic stiffness의 변화

서보모터에 대하여 I 계인을 일정하게 유지한 상태에서 P 계인의 값을 다양하게 변화시켜 dynamic stiffness의 변화를 관찰하였다. P 계인이 450 N.m.s일 경우 stiffness가 약 1hz~40hz의 구간에서 dB미만의 값을 나타내고 있다. 실험 과정을 통해 P 계인을 변화 시켜보았을 때 P 계인의 값이 낮아질수록 stiffness가 증가하는 방향으로 나타났다.

P 계인 50 N.m.s일 경우와 P 계인 450 N.m.s의 경우를 비교하여 보았을 때 0 dB 미만 영역이었던 1~40 Hz 구간은 0 dB 이상으로 증가하였고 전체적인 영역에서 보았을 때 5 dB ~ 10 dB 정도의 dynamic stiffness 값이 증가한 것을 확인할 수 있다.



<그림 3> P Gain 450 N.m.s일 경우의 dynamic stiffness

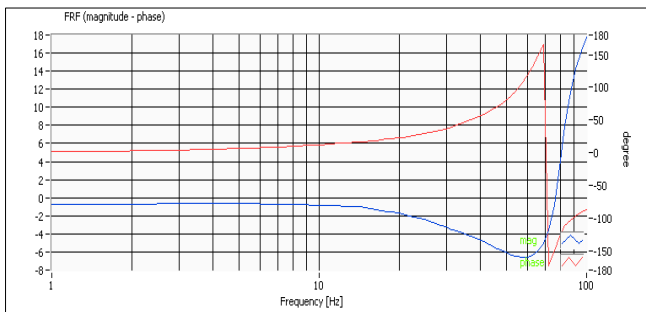


<그림 4> P Gain 50 N.m.s일 경우의 dynamic stiffness

2.3.2 적분 계인에 따른 Dynamic stiffness의 변화

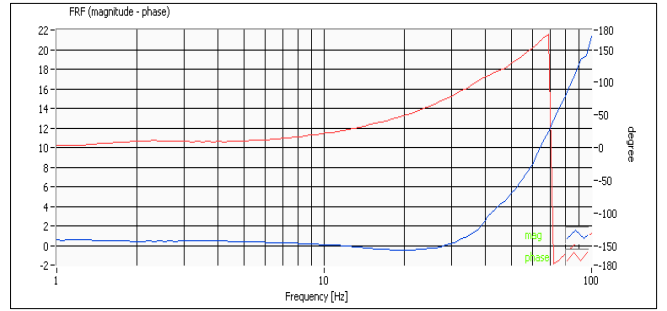
서보 모터의 P계인을 일정하게 유지한 상태에서 I 계인의 변화에 따른 dynamic stiffness의 변화도 분석해보았다. I 계인의 경우는 P 계인에서 처럼 전체적인 주파수 영역에서 뚜렷한 증가를 보기는 어려웠지만 특정적인 주파수 영역에서의 변화는 뚜렷하게 나타났다. I 계인이 1000 N.m.s²의 경우 일부 주파수 영역인 10hz~70hz의 영역에서 stiffness가 급격하게 감소하였다가 고주파로 갈수록 다시 증가하는 결과를 얻을 수 있었다. 이후 I 계인의 값을 차츰 줄여 나갈수록 10~70hz 영역에서의 stiffness는 차츰 커져가는 것을 확인할 수 있었다.

I 계인이 1000 N.m.s²인 경우와 10 N.m.s²인 경우의 두 그래프를 비교하였을 때 특정 주파수 영역에서의 stiffness 값이 증가하였고 전체적인 영역으로 보았을 때 2~5 dB 정도의 증가가 나타났다.



<그림 5> I Gian 1000 N.m.s²의 dynamic stiffness

하지만 I 계인을 10 N.m.s²으로 조정하였을 경우 10hz ~ 70hz 영역에서의 stiffness의 증가를 가져와 전체구간에 대해서 강성을 지남을 확인할 수 있다.



<그림 6> I Gain 10 N.m.s²의 dynamic stiffness

3. 결론

본 논문에서는 labVIEW를 이용하여 서보 모터의 Dynamic stiffness에 대해 실험해 보았다. 가장 흔히 쓰이고 있는 PID 제어기를 이용하여 비례 계인과 적분 계인이 서보 모터의 Dynamic stiffness에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 알아 보았다. 서보 모터에 인가되는 기준 입력과 모터의 출력의 오차 값에 의해 결정되어지는 PI 제어기의 값이 결정되어지므로 비례 계인과 적분 계인 각각의 계인에 따라 서보 모터의 Dynamic stiffness의 영향을 알 수 있었다. 비례 계인의 경우 특정 주파수 영역대에서의 강성이 증가하는 결과를 볼 수 있었고, 적분 계인의 경우 전체적인 주파수 영역대에서는 비례 계인처럼 큰 강성의 증가는 이루어지지 않았지만 특정 주파수 영역대에 대해 영향을 미침을 알 수 있었다.

4. 후 기

본 연구는 창원대학교 클러스터 사업단의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김정현, "Dynamic stiffness를 고려한 제어 시스템 연구", 한국 정밀 공학회 추계학술대회 논문집, 2006
- [2] Brogan, W.L., "Modern control theory", Quantum Publisher, 1974
- [3] R.D.Lorenz, "Advances Machines and Drives", conf. Seattle, WA, May 9-12, 1999
- [4] R.D.Lorenz, "Modern control of drives", proceeding of Brazillian power Electronics Conf. 1997
- [5] Richard C. Dorf, Robert H. Bishop "Modern Control System" Addison Wesley Longman, Inc, 1998
- [6] Novotny, D.W Lorenz, R.D "An Introduction to Field orientation and high performance AC drives", IEEE Tutorial Publication for 1985 IEEE IAS Annual Meeting, Toronto, Ont, 1985