

< 동적 시스템 주파수 응답 분석 실험 >

실험 장소 : 제1공학관 502호

담당조교 : 조 예 현

(제1공학관 503호 - opti417@naver.com)

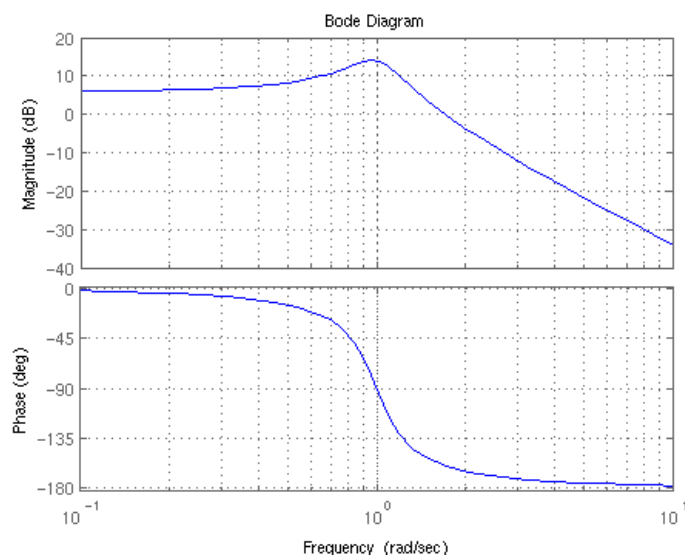
조별로 USB 지참

1. 실험목적

질량, 스프링 그리고 댐퍼로 구성된 시스템의 동적 특성을 가진주파수(excitation frequency)에 따라 주파수 응답(frequency response)을 특정하고, bode plot을 이용하여 분석하는 방법을 학습하고자 한다.

2. 이론적배경

동적 시스템(dynamic system)의 특성은 대표적으로 스텝응답 분석 또는 주파수응답 분석을 통해 해석할 수 있다. 본 실험은 그 중 주파수응답을 측정하여 동적 특성을 분석하고자 한다. 동적 시스템의 주파수 응답은 보데 플롯 (Bode Plot)을 이용하여 분석할 수 있으며, 보데 플롯이란 시스템의 주파수 응답을 보여주는 주파수에 대한 선형 시불변 시스템 (Linear Time-Invariant System)의 전달함수의 그래프이다. 전달함수는 크기와 위상으로 나눌 수 있으므로, 크기(magnitude)에 대한 보데플롯과 위상(phase)에 대한 보데플롯을 각각 그릴 수 있다. (아래 그림 참조)



<그림 1. Bode Plot>

일반적으로 X축은 주파수 축이며 단위는 Hz 또는 rad/sec 이며, 선형 스케일이 아닌 로그 스케일(log scale)로 표시한다. 또한, Y축은 크기는 데시벨(dB), 위상은 각도로 표

현한다.

입력 $x(t)$ 에 대해 출력이 $y(t)$ 일 때, 전달 함수 $g(t)$ 는 다음과 같이 정의 된다.

$$y(t) = g(t) * x(t)$$

시간영역에서 주파수영역으로 변환하면 전달함수는 다음과 같다.

$$Y(jw) = G(jw)X(jw) \text{ 또는 } G(jw) = \frac{Y(jw)}{X(jw)}$$

이 때, $|Y(jw)|$ 는 주파수 w 를 가지는 정현파 입력에 대한 정현파 출력의 진폭(amplitude)이며, $|X(jw)|$ 는 주파수 w 를 가지는 정현파 입력의 진폭이다. 또한, $\angle Y(jw)$ 는 주파수 w 를 가지는 정현파 입력에 대한 정현파 출력의 위상(phase)이며, $\angle X(jw)$ 는 주파수 w 를 가지는 정현파 입력의 위상이다.

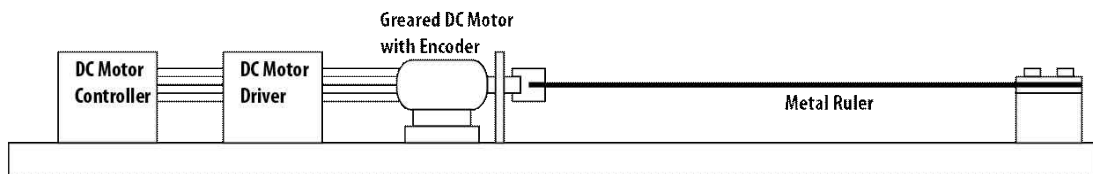
그러므로 전달함수의 크기는 $\left| \frac{Y(jw)}{X(jw)} \right|$ 이며, 이 값은 입력신호의 진폭에 대한 출력신호의 진폭의 비와 일치한다. 전달함수의 위상은

$$\angle \frac{Y(jw)}{X(jw)} = \angle Y(jw) - \angle X(jw)$$

이며, 출력신호의 위상에서 입력신호의 위상을 뺀 것과 동일하다.

3. 실험장치

실험 장치는 아래와 같이 구성되어 있다.



<그림 2. 실험장치>

감속기와 연결되어 있는 DC 모터는 쇠자(metal ruler)의 한쪽 끝에 연결되어 있다. 쇠자의 다른 한쪽은 고정이 되어 있으며, 모터가 돌아감에 따라 쇠자에 비틀림 모멘트(torsional moment)를 생성시킨다. 즉, 쇠자는 비틀림 스프링(torsional spring)으로 사용된다. 또한, DC 모터는 자체적으로 댐핑(damping)을 가지고 있으므로, 전체 시스템의 차수는 2차로 근사할 수 있다. 시스템의 전달 함수는 다음과 같은 형태로 표현된다.

$$G(jw) = \frac{K}{w^2 + aw + b}$$

4. 실험방법

- ① 바탕화면의 'arduino' 폴더에서 arduino.exe를 실행한다.
- ② 메뉴에서 serial monitor를 연다
- ③ 이 때, 주파수값 0.1 Hz를 입력한다. 주파수 값의 10배를 입력해야 하므로, 입력값은 1이다.
- ④ 실험 결과가 serial monitor에 출력된다. 첫 번째 열은 시간(sec), 두 번째 열은 모

터의 입력전압 (mV), 세 번째 열은 모터의 각 위치(degree)이다.

⑤ 출력 결과를 선택하여, 텍스트 파일의 형태로 저장한다.

⑥ 다른 주파수(0.1Hz~1Hz, 0.1Hz간격과 1Hz~10Hz, 1Hz간격으로 증가시킨 주파수)들에 대해서 측정하고, 결과를 저장한다.

5. 실험결과분석

실험을 통해 얻은 데이터를 그래프로 그릴 수 있는 프로그램(예: EXCEL, MATLAB 등)을 선정하여 그래프를 그린다. 각 그래프에서 입력 진폭과 출력 진폭 값을 찾아, 사용된 주파수에 대해 진폭 비를 구함으로써, 각 주파수에 대한 전달함수의 크기를 구한다. 또한, 입력과 출력의 위상차를 측정하여 각 주파수에 대한 전달함수의 위상을 구한다. 구한 값들을 이용하여, 크기와 위상에 대한 보데플롯을 그리고, 공진주파수(resonant frequency)의 값을 추정한다.

6. 제출할 결과물

① 각 주파수에 정현파 입력과 출력을 나타낸 그래프 (1장당 4개 이상 포함하게 할 것, 그래프 당 입력 값을 기준으로 2주기 이상 그릴 것)

② 추정된 공진 주파수를 명시한 크기와 위상에 대한 보데 플롯과 표

7. 결과분석 및 고찰

다음에 대한 질문에 답을 리포트에 첨부할 것

① 보데 플롯의 결과로부터, 이 시스템이 underdamped system, critically damped system, overdamped system 중 어디에 해당하는지 기술하시오.

② 위의 결과로 추정된 시스템응답특성 외의 다른 2개의 시스템의 경우에 대해, 어떠한 보데 플롯이 그려지는지 나타내시오. (개략적인 보데 플롯을 그리시오.)

③ 낮은 주파수 (0.1 Hz)인 경우, 정현파로 예상되는 응답이 정확하게 나타나지 않고 있다. 이 때, 원인에 대해 기술하시오.

8. 참고문헌

http://en.wikipedia.org/wiki/Bode_plot

※ 레포트 제출 시 유의사항

e-mail 제출 시 : 파일명) 동적시스템_A반1조_32130000_홍길동
opti417@naver.com로 제출

paper 제출 : 제1공학관 503호