

2001. 4. 21.

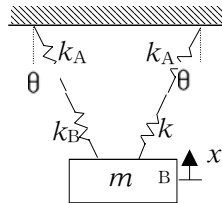
1.[4점] 다음 물음에 한 문장으로 답하라.

- (a) 기계적 진동(mechanical vibration)이란 무엇인가?
 (b) 자유도(degree of freedom)란 무엇인가?

2.[4점] 진동 모델링에 사용되는 에너지방법을 설명하고, 이 방법이 Newton의 운동법칙을 이용하는 방법보다 좋은 점을 열거하라.

3.[5점] 1자유도 감쇠계가 있는데, 질량 $m = 3 \text{ kg}$, 감쇠계수 $c = 3 \text{ kg/s}$, 강성 $k = 10 \text{ N/m}$ 로 알려져 있다.
 (a) 감쇠고유진동수를 구하라. (b) 초기변위 $x_0 = 2 \text{ mm}$, 초기속도 $v_0 = 0$ 일 때, 진동 변위 $x(t)$ 를 sine함수 형태로 구하라.

4.[5점] 다음 그림과 같이 강성이 k_A 인 스프링 두 개와 k_B 인 스프링 두 개가 물체의 수직 운동방향과 θ 의 각도를 이루며 연결되어 있을 때, 등가 스프링상수를 구하라.



5. [4점] 질량 5 kg 인 강체를 매달 때 5 Hz 의 진동수를 갖는 강철 코일 스프링을 설계하고자 한다. 원형단면인 재료의 직경은 1 cm 이고, 재료의 영률은 $200 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, 전단탄성계수는 $80 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ 이다. 코일 감은 횟수를 10으로 하고자 할 때 코일 직경을 몇 cm로 감아야 하겠는가?

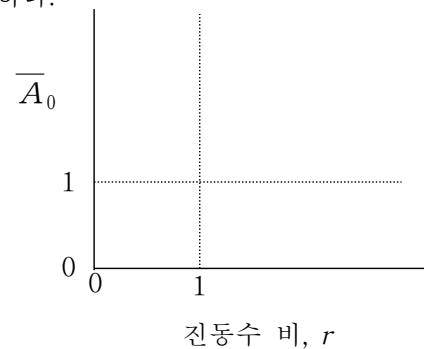
$$k = \frac{G d^4}{64 n R^3}$$

6.[9점] 고속 프레스에서는 회전불균형으로 인하여 수직방향 진동이 발생한다. 가해지는 힘의 크기가 F_0 , 프레스 몸체의 질량이 m 이고 고유진동수가 ω 이면 프레스에 나타나는 진동 변위의 진폭 A_0 는 무차원화하여 다음과 같이 표현된다.

$$\bar{A}_0 = \frac{A_0}{F_0/m\omega^2} = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}$$

여기서 r 은 진동수비(구동진동수/고유진동수), ζ 는 감쇠비(감쇠계수/임계감쇠계수)이다. 감쇠비 ζ 의 값이 0.1인 경우에 대하여

(a) 위의 관계식을 진동수비 r 의 함수로 그래프를 작성하라.

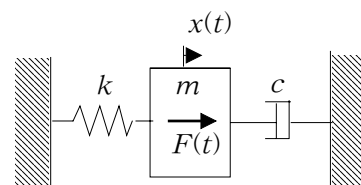


(b) 증폭률이 1보다 작게 되도록 설계하려면, 진동수비 r 이 어느 범위의 값을 갖도록 해야 하는가?

(c) 프레스의 고유진동수가 15 Hz 라면 공진을 유발시키는 회전수는 몇 rpm인가?

7.[5점] 질량 8 kg 인 강체가 충격흡수기(강성 $15 \times 10^3 \text{ N/m}$, 점성감쇠계수 $400 \text{ N} \cdot \text{s/m}$)에 매달려 있다. 강체가 처음에는 정지해 있다. 이 강체에 6 Hz 에서 50 N 의 조화가진이 있을 때, 정상상태(steady-state) 응답의 변위 진폭을 계산하라.

8.[4점] 다음 그림과 같이 질량 m , 감쇠계수 c 인 댐퍼, 강성 k 인 스프링으로 구성된 1자유도 감쇠계에 조화가진력 $F_0 \cos \omega_d t$ 가 가해지고 있다. 자유물체도(free body diagram)을 그리고, 운동방정식을 유도하라.



2001. 6. 9.

1.[3점] 일반적으로 계측시스템을 구성하는 3단계에 따라 진동 계측시스템을 구성하라.

2.[6점] 충격흡수기(shock absorber)에 질량 25 kg의 추를 매달고 초기변위를 가한 후 관찰한 진동응답은 부족감쇠운동이었다. 응답변위의 극대값이 처음에 18 mm, 그 다음에 8 mm로 측정되었고, 두 극대값 사이의 시간 간격이 0.15초였다.

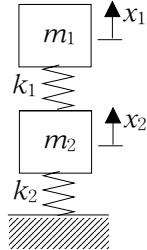
(a) 이 충격흡수기의 감쇠비 ζ 는 얼마인가?

(b) 충격흡수기의 강성 k 는 얼마인가?

3.[4점] 차량 현가장치를 단순화하니 다음 그림과 같이 되었다.

(a) 운동방정식을 유도하고, 행렬 형태로 표현하라.

(b) $m_1 = 2000$ kg, $m_2 = 50$ kg, $k_1 = 10^3$ N/m, $k_2 = 10^4$ N/m 이다. 고유진동수를 계산하라.



* 시간 $t=0$ 인 순간에 가해진 단위 임펄스 $\delta(t)$ 가진에 대한 진동계의 응답은 다음과 같다.

$$x(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ h(t) = \frac{1}{m\omega_d} e^{-\zeta\omega t} \sin\omega_d t & t > 0 \end{cases}$$

4.[4점] 운동방정식이 다음과 같이 표현되는 1자유도계 가해진 2중 임펄스에 의한 진동응답을 구하라.

$$2\ddot{x}(t) + 4\dot{x}(t) + 18x(t) = \delta(t) + \delta(t-5)$$

5.[6점] 질량이 2 kg이고 고유진동수가 10 rad/s 인 1 자유도 비감쇠계에 $t=0$ 초 일 때부터 2 N의 힘이 일정하게 가해질 때, 이에 따른 응답을 다음 두가지 방법으로 구하라.

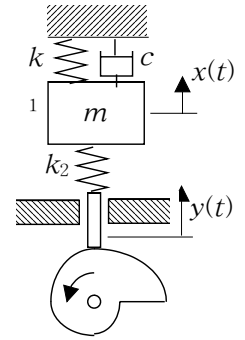
(a) convolution 적분 $x(t) = \int_0^t F(t-\tau)h(\tau)d\tau$

(b) Laplace 변환기법

$$L[1] = \frac{1}{s}, L[\sin\omega t] = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}, L[\cos\omega t] = \frac{s}{s^2 + \omega^2}$$

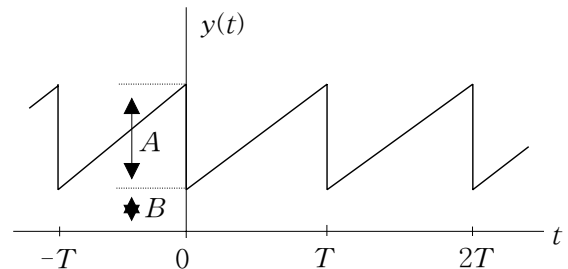
6.[8점] 자동차 엔진의 흡기

밸브를 여닫는 캠이 다음 그림과 같이 시스템의 끝에 있는 막대에 변위 $y(t)$ 를 가해준다.



(a) 이러한 캠 시스템의 운동 방정식을 변위 $x(t)$, $y(t)$ 및 파라미터들 m , c , k_1 , k_2 들로 표현하라.

(b) 캠이 가해주는 변위 $y(t)$ 가 다음 그림과 같은 톱니 모양일 때, $y(t)$ 를 Fourier급수 형태로 표현하라.

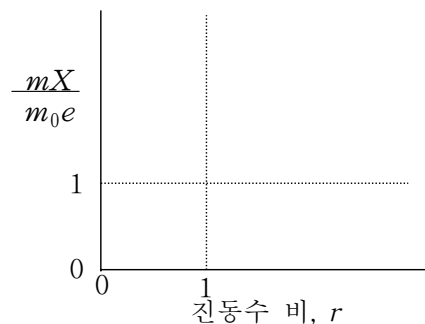


7.[9점] 자동차가 정차해 있을 때 공회전(idling) 상태에서 엔진의 진동이 차체에서 심하게 느껴지는 경우가 있다. 이때 가속기(accelerator)를 약간 밟아 엔진 회전수를 증가시키면 진동이 줄어든다. 그 이유를 다음과 같은 순서로 설명하라.

(a) 크랭크 암의 회전불균형(질량 m_0 , 반경 e)에 의한 엔진(질량 m) 진동의 진폭(X)를 무차원화한 변위 진폭 mX/m_0e 를 감쇠비 ζ 와 진동수 비 $r (= \omega_r/\omega)$ 의 함수로 표현. (조화가진 응답의 증폭율은 다음과 같음

$$\overline{A}_0 = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2}})$$

(b) 감쇠비 ζ 가 0.1이라고 할 때, 진동수 비의 함수로 표현되는 무차원 변위 진폭의 그래프를 작성.



(c) 공회전 시 회전진동수 ω_r 이 고유진동수 ω 에 근접한 경우라고 할 때, 가속기를 약간 밟으면 진동이 줄어드는 이유를 문장으로 설명.

중간시험

3. (a) $\omega_d = 1.76 \text{ rad/s}$
 (b) $x(t) = 2.079 e^{-0.50t} \sin(1.76t+1.29) \text{ mm}$
4. $k_{eq} = \frac{2k_A k_B}{k_A + k_B} \cos^2 \theta$
5. $D = 12.7 \text{ cm}$
6. (b) $r > 1.4$
 (c) $N = 900 \text{ rpm}$
7. $A_0 = 3.23 \text{ mm}$
8. $m \ddot{x} + c \dot{x} + k x = F_0 \cos \omega_d t$

학기말시험

2. (a) $\zeta = 0.129$
 (b) $k = 44520 \text{ N/m}$
3. (a) $\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 & -k_1 \\ -k_1 & k_1 + k_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$
 (b) $\omega_1 = 0.674 \text{ rad/s}$ $\omega_2 = 14.8 \text{ rad/s}$
4. $x(t) = 0.177 e^{-t} \sin 2.83t$
 $+ 0.177 e^{-(t-5)} \sin 2.83(t-5) \Phi(t-5) \text{ m}$
5. $x(t) = 0.01 (1 - \cos 10t) \text{ m}$
6. (a) $m \ddot{x}(t) + c \dot{x}(t) + (k_1 + k_2) x(t) = k_2 y(t)$
 (b) $y(t) = (B + \frac{A}{2}) - \frac{A}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin \frac{2\pi n}{T} t$
7. (a) $\frac{mX}{m_0 e} = \frac{r^2}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}$