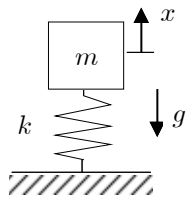


1.[4점] 다음 질문에 서술형으로 답하라.

(a) 역학적 진동을 하는 계(system)의 자유응답(free response)와 강제응답(forced response)의 공통점과 차이점을 설명하라.

(b) 1자유도 비감쇠계에서 고유진동수(natural frequency)란 무엇인지를 질량, 스프링상수, 초기조건 등과의 관계로 설명하라.

2.[4점] 그림과 같이 중력의 영향을 받는 1자유도계가 있다. g 는 중력 가속도를 의미함.



(a) 정적 평형상태와 진동 운동상태의 자유물체도(free-body diagram)를 각각 그려라.

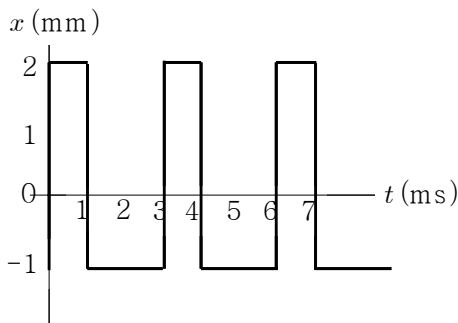
(b) 뉴턴 법칙을 사용하여 두 상태의 평형 방정식을 각각 제시하고, 최종적인 운동방정식을 유도하라.

3.[4점] 진동의 크기를 표기하는 방법에 관하여 다음 질문에 답하라.

(a) 66 dB인 소리(공기의 진동)의 음압 p_1 과 60 dB

인 소리의 음압 p_2 의 비율 $\frac{p_1}{p_2}$ 을 구하라.

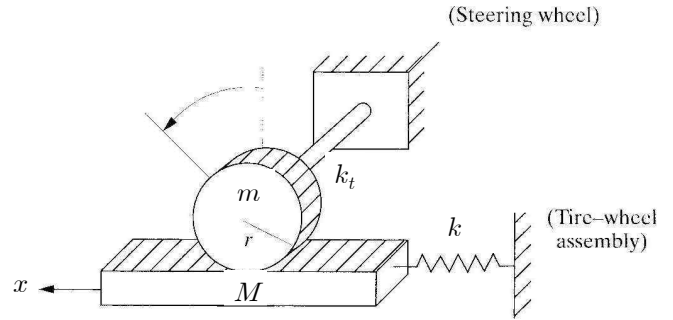
(b) 진동 변위를 관찰한 결과가 그림과 같을 때, root-mean-square 진폭 x_{rms} 를 구하라.



정답

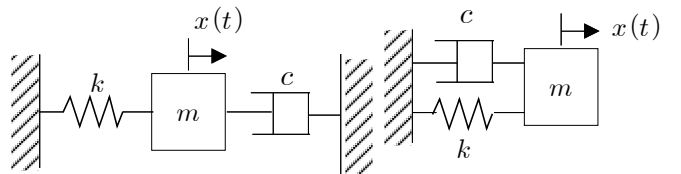
- 2. (b) $m\ddot{x} + kx = 0$
- 3. (a) $p_1/p_2 = 2$ (b) $x_{rms} = 1.414$ mm
- 4. $\left(\frac{m}{2} + M\right)\ddot{x} + \left(k + \frac{k_t}{r^2}\right)x = 0$
- 5. (a) O (b) X
- 6. (a) $\omega_n = 20.0$ rad/s, $\zeta = 0.250$
 $\omega_d = 19.36$ rad/s, $T = 0.324$ s
 (b) $A = 25.3$ mm, $\phi = 261.7^\circ$ 또는 4.57 rad

4.[4점] Use the energy method to obtain the equation of motion of a steering mechanism, which is modeled as the single-degree-of-freedom system illustrated below. The mass moment of inertia of the steering wheel is $\frac{1}{2} m r^2$.

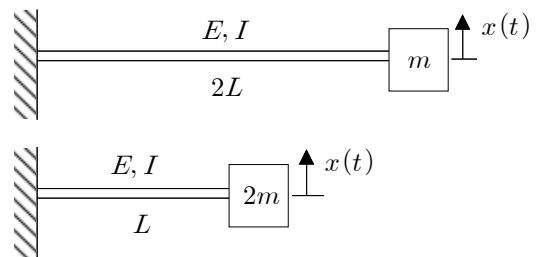


5.[4점] 다음 그림과 같은 1자유도계 짝들에서 자유진동의 주기가 같은 짝에 O표, 주기가 다른 짝에 X표를 ()안에 하되, 판단 근거를 제시하라. (답도 맞고 판단 근거도 타당해야만 득점)

(a) ()



판단 근거: (b) ()



판단 근거 :

6.[6점] 스프링, 감쇠기(damper), 질량체로 이루어진 1자유도 감쇠계가 있다.

(a) 질량이 15 kg, 스프링상수가 6000 N/m, 감쇠계수가 150 N/(m/s) (즉, 150 kg/s)일 때, 비감쇠고유진동수 ω_n , 감쇠비 ζ , 감쇠고유진동수 ω_d , 자유진동주기 T 는 각각 얼마인가?

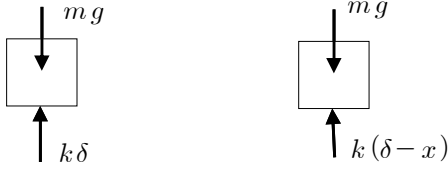
(b,c) 자유응답이 다음과 같은 형태로 표현되었다.

$$x(t) = A e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_d t + \phi)$$

$\omega_n = 300$ rad/s, $\zeta = 0.150$ 인 1자유도 감쇠계에서 초기 변위 $x(0)$ 가 -25 mm이고, 초기 속도 $\dot{x}(0)$ 가 40 mm/s일 때, 진폭 A 와 위상 ϕ 를 구하라.

1. (서술)

2. (a) 정적 평형상태 진동 운동상태



(b) $k\delta - mg = 0,$ $k(\delta - x) - mg = m\ddot{x}$
 $\Rightarrow (m\ddot{x} + kx) + (k\delta - mg) = 0$
 $\Rightarrow m\ddot{x} + kx = 0$

3. (a) $20 \log \frac{p_1}{p_0} = 66 \quad \dots \textcircled{1}$ $20 \log \frac{p_2}{p_0} = 60 \quad \dots \textcircled{2}$

$\textcircled{1} - \textcircled{2} ; 20 \log \frac{p_1}{p_0} - 20 \log \frac{p_2}{p_0} = 66 - 60$
 $\Rightarrow \log \frac{p_1}{p_0} - \log \frac{p_2}{p_0} = \frac{6}{20} \Rightarrow \log \frac{p_1}{p_2} = 0.3$
 $\Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = 10^{0.3} = 1.995 \approx 2$

(b) $T = 3 \text{ ms}$

$x_{rms} = \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T x^2 dt \right\}^{1/2} = \left\{ \frac{1}{3} \left[\int_0^1 2^2 dt + \int_1^3 (-1)^2 dt \right] \right\}^{1/2} = \left\{ \frac{1}{3} [4 + 2] \right\}^{1/2}$
 $= \sqrt{2} = 1.414 \text{ (mm)}$

4. $x = r\theta, \quad \dot{x} = r\dot{\theta}$

$T = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} m r^2 \right) \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} M \dot{x}^2 = \frac{1}{4} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} M \dot{x}^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{m}{2} + M \right) \dot{x}^2$

$U = \frac{1}{2} k x^2 + \frac{1}{2} k_t \theta^2 = \frac{1}{2} k x^2 + \frac{1}{2} k_t \left(\frac{x}{r} \right)^2 = \frac{1}{2} \left(k + \frac{k_t}{r^2} \right) x^2$

$T + U = \frac{1}{2} \left(\frac{m}{2} + M \right) \dot{x}^2 + \frac{1}{2} \left(k + \frac{k_t}{r^2} \right) x^2$

$\frac{d}{dt}(T+U) = \left[\left(\frac{m}{2} + M \right) \dot{x} + \left(k + \frac{k_t}{r^2} \right) x \right] \dot{x} = 0, \quad \dot{x} \neq 0$

$\Rightarrow \left(\frac{m}{2} + M \right) \ddot{x} + \left(k + \frac{k_t}{r^2} \right) x = 0$

5. (a) (O)



(b) (X) $(k_b)_1 = \frac{3EI}{(2L)^3}, \quad (k_b)_2 = \frac{3EI}{L^3}$

6. (a) $m = 15 \text{ kg}$, $c = 150 \text{ N/(m/s)}$, $k = 6000 \text{ N/m}$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{6000 \text{ N/m}}{15 \text{ kg}}} = 20.0 \text{ rad/s}$$

$$\zeta = \frac{150 \text{ N} \cdot \text{s/m}}{2(15 \text{ kg})(20 \text{ rad/s})} = 0.250$$

$$\omega_d = \sqrt{1 - 0.250^2} (20 \text{ rad/s}) = 19.36 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{2\pi \text{ rad}}{19.36 \text{ rad/s}} = 0.324 \text{ s}$$

(b,c) $\omega_n = 300 \text{ rad/s}$, $\zeta = 0.150$, $x(0) = -25 \text{ mm}$, $\dot{x}(0) = 40 \text{ mm/s}$

$$\omega_d = \sqrt{1 - 0.150^2} (300 \text{ rad/s}) = 297 \text{ rad/s}$$

$$\zeta\omega_n = (0.150)(300 \text{ rad/s}) = 45 \text{ rad/s}$$

$$x(t) = A e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_d t + \phi)$$

$$\dot{x}(t) = A e^{-\zeta\omega_n t} [-\zeta\omega_n \sin(\omega_d t + \phi) + \omega_d \cos(\omega_d t + \phi)]$$

$$x(0) = A \sin\phi = -25 \text{ mm} < 0 \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\dot{x}(0) = A [-\zeta\omega_n \sin\phi + \omega_d \cos\phi] = 40 \text{ mm/s}$$

$$\Rightarrow A \cos\phi = \frac{1}{\omega_d} [(40 \text{ mm/s}) + (\zeta\omega_n) A \sin\phi]$$

$$= \frac{1}{297 \text{ rad/s}} [(40 \text{ mm/s}) + (45 \text{ rad/s})(-25 \text{ mm})]$$

$$= -3.65 \text{ mm} < 0 \quad \dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1}^2 + \textcircled{2}^2; A = \sqrt{(-25 \text{ mm})^2 + (-3.65 \text{ mm})^2} = 25.3 \text{ mm}$$

$$\textcircled{1} \div \textcircled{2}; \tan\phi = \frac{-25}{-3.65} = 6.85$$

$$\phi = \tan^{-1}(6.85) = 81.7^\circ, 261.7^\circ, \dots$$

$$= 1.426 \text{ rad}, 4.57 \text{ rad}, \dots$$

①과 ②를 만족하는 ϕ 는 3사분면에 있으므로, $180^\circ < \phi < 270^\circ$ 또는 $\pi < \phi < \frac{3}{2}\pi \text{ rad}$

$$\Rightarrow \phi = 261.7^\circ \text{ 또는 } 4.57 \text{ rad}$$