



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0042384
(43) 공개일자 2012년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F16F 15/03 (2006.01) F16F 15/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0104065
(22) 출원일자 2010년10월25일
심사청구일자 2010년10월25일

(71) 출원인
이순희
서울특별시 서초구 잠원로12길 4, 102동 204호 (잠원동, 잠원현대아파트)
(72) 발명자
이순희
서울특별시 서초구 잠원로12길 4, 102동 204호 (잠원동, 잠원현대아파트)
(74) 대리인
김정현

전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 전자석을 이용한 동적흡진기

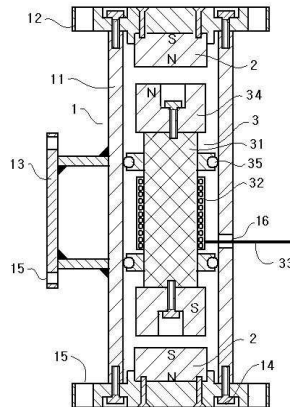
(57) 요약

본 발명은 진동제어기술 관한 것으로서, 좀더 자세하게는 전자석의 복원력을 이용한 동적흡진기에 관한 것이다.

본 발명의 동적흡진기는 질량에 복원력을 가하는 수단으로 스프링을 사용하는 대신에 전자석과 영구자석을 사용하여 구성하는데, 원통 형상의 하우징(1), 하우징(1)의 양단에 각각 구비된 2개의 영구자석(2), 그리고 하우징(1)의 내부에 장입되는 전자석(3)으로 구성된다. 본 발명의 동적흡진기는 금속스프링과 질량으로 구성되는 통상의 동적흡진기와 같은 방법으로 진동을 유발하는 기계에 부착하여 기계의 진동제어에 사용할 수 있다.

본 발명의 동적흡진기는 기본적인 기능과 사용방법은 금속스프링과 질량으로 구성되는 통상의 동적흡진기와 동일하다. 그러나 본 발명의 동적흡진기는 통상의 동적흡진기와는 달리 전자석에 흐르는 전류의 세기를 조절하여 스프링상수를 아주 간편한 방법으로 조절할 수 있으므로, 다양한 회전속도를 가지는 기계에 사용할 수 있고, 운전속도가 계속 변하는 기계에도 사용할 수 있으며, 기계에 장착된 상태에서도 고유진동수를 임의로 조절할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

원통 형상의 몸체(11)와, 상기 몸체(11)의 양단에 결합되는 마개(12)로 구성되는 하우징(1);

상기 하우징(1)의 양단에 각각 구비되는 것으로서, 하나는 N극이 그리고 다른 하나는 S극이 상기 하우징(1)의 내부로 향하도록 결합되는 2개의 영구자석(2);

그리고, 상기 하우징(1)의 내부에 장입되어 몸체의 길이방향으로 운동하는 것으로서, 코어(31)의 외부에 전선을 다수 회 감아 코일(32)을 형성하고, 상기 코일(32)에는 전선(33)을 통하여 직류전기가 인가되는, 전자석(3);

을 포함하여 구성되는, 동적흡진기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전자석(3)은 코어(31)의 양단에 부가질량(34)을 추가로 구비하여, 전자석(3)의 질량을 증대시킨 것을 특징으로 하는, 동적흡진기.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 전자석(3)은 코어(31)에 베어링(35)을 추가로 구비하여, 전자석(3)이 하우징(1)의 몸체(11) 내부에서 원활하게 운동할 수 있는 것을 특징으로 하는, 동적흡진기.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 진동제어기술 관한 것으로서, 좀더 자세하게는 전자석의 복원력을 이용한 동적흡진기에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 모터, 팬, 펌프 등의 회전 기계들과 내연기관 등의 왕복 기계는 가동중에 필연적으로 진동을 유발하는데, 이들 기계에서 발생한 진동이 주변으로 전달될 경우 사람에게 불안감, 불쾌감 등을 유발하여 생활에 피해를 유발할 뿐만 아니라, 그 기계가 설치된 건물 구조체를 손상시킬 수 있고, 부근에 설치된 정밀 설비 및 제어 시스템의 오작동을 유발하거나, 진동에 민감한 정밀 측정장비, 광학장비, 정밀가공장비들의 정밀도를 저하시키고, 이들 기계의 고장 원인이 될 수도 있다. 또한 진동이 건물 구조체에 전달될 경우 구조전달음(Structure Borne Noise)을 유발하여 소음 공해를 유발할 수 있다.

[0003] 따라서 진동을 유발하는 기계에서 발생한 진동이 주변으로 전달되지 못하도록 하기 위하여 방진장치를 이용하여 기계를 건물바닥 등의 구조체에 지지하는데, 이와 같이 진동이 주변으로 전달되는 것을 차단하는 것을 방진이라고 한다. 방진장치는 고무 패드, 고무 마운트, 금속스프링 마운트, 에어 마운트 등 변형이 일어났을 때 원래의 상태로 회복하려는 복원력을 가지는 탄성체를 사용한다.

[0004] 방진을 하기 위하여 질량이 m 인 진동하는 물체를 스프링상수 k 인 탄성체와 댐핑계수 c 인 댐퍼로 지지할 경우 하나의 진동시스템이 이루어지는데, 가장 간단한 진동시스템으로서 하나의 질량과 하나의 스프링 그리고 하나의 댐퍼로 구성되고 질량이 하나의 운동방향(예 : 상하방향)으로만 진동을 하는 경우를 1자유도계 진동시스템이라고 한다.

[0005] 진동을 유발하는 기계를 방진하는 경우, 기계 자체를 하나의 질량으로 보고, 기계를 지지하는 방진장치의 다수 개의 스프링을 하나의 등가 스프링상수를 갖는 하나의 스프링으로 지지하는 것으로 보고, 댐퍼는 없고(기계의 방진에는 통상적으로 댐퍼를 사용하지 않고, 공기저항, 스프링의 재료 내부 감쇠에 의한 댐핑 작용은 무시된

다.), 기계가 상하방향으로만 진동하는 것으로 1자유도계 진동시스템으로 가정하고 방진장치를 설계하여도 충분하다.

[0006] 상기와 같은 1자유도계 진동시스템의 질량에 진동을 유발하는 조화함수의 힘인 가진력이 가해질 때 이 진동시스템의 운동방정식은 다음 식과 같다.

[0007]
$$mx'' + kx = F \sin \omega t$$

[0008] 상기와 같은 1자유도계 진동시스템에 가진력이 가해지고 난 후 충분한 시간이 경과하여 진동상태가 안정되었을 때(이를 "정상상태"라 한다.) 질량의 진동진폭, 즉 정상상태 진동응답은 상기 미분방정식의 특수해(Particular Solution,)로 표현되는데 다음 수식과 같다.

[0009]
$$x_p = X \sin (\omega t + \phi)$$

[0010] 상기 식에서 X는 정상상태 응답의 진폭이고, ω 는 가진력의 각속도이고, ϕ 는 위상이다. 이중 정상상태 응답의 진폭 X는 다음 식으로 계산된다.

[0011]
$$X = \frac{F/k}{\text{abs}(r^2 - 1)}, \text{ 여기서 } r = \frac{\omega}{\sqrt{k/m}} \text{ (주파수비)}$$

[0012] 상기식에서 F/k는 스프링에 가진력의 진폭에 해당하는 힘이 가해졌을 때 발생하는 변형인 정적변형이고, 진동진폭을 정적변형으로 나눈 값은 증폭계수라고 하는데, 다음 식으로 표현된다.

[0013]
$$\frac{X}{F/k} = \frac{1}{\text{abs}(r^2 - 1)}$$

[0014] 상기 증폭계수를 그래프로 나타내면 도 3과 같고, 질량의 진동진폭은 주파수비(r) 1에서 무한대로 커지는데, 이를 공진이라고 한다.

[0015] 진동전달율은 기계에 가해지는 진동가진력의 진폭(회전기계의 경우 회전체의 불평형질량에 의하여 $m\epsilon\omega^2$ 의 진폭을 가지는 가진력이 자체에서 발생한다.)에 대한 바탕으로 전달되는 힘의 진폭(F_t)의 비로 정의되는데, 다음 식과 같다.

[0016]
$$TR = \frac{F_t}{F} = \frac{1}{\text{abs}(r^2 - 1)}$$

[0017] 상기와 진동전달율을 그래프로 나타내면 도 4와 같은데, 통상의 방진은 주파수비를 $\sqrt{2}$ 이상으로 하여 진동전달율이 1보다 작게 한다.

[0018] 상기와 같이 진동을 유발하는 기계를 탄성체로 지지하여 방진을 하면, 기계에 가해지는 진동가진력이 인접 구조물로 전달되는 것은 차단할 수 있으나, 기계 그 자체의 정상상태 진동진폭이 상당히 커서 문제가 된다. 특히 주파수비가 1 부근인 공진영역에서 기계의 진폭이 무한대로 커지게 되는데, 회전기계의 경우 가동을 시작할 때와 가동을 하다가 정지를 할 때 항상 공진영역을 통과하게 되어 기계가 아주 크게 진동하는 문제가 있다.

[0019] 상기와 같이 공진영역에서 기계가 아주 크게 진동하는 것을 방지하기 위하여 댐퍼를 사용하거나 탄성체로서 재료 자체의 댐핑이 큰 고무와 같은 점탄성재료로 제작한 것을 사용하기도 하는데, 재료 자체의 댐핑이 큰 탄성체를 사용할 경우 정상진동상태에서 진동전달율이 커지는 문제가 있다. 그리고 통상적으로 댐퍼는 작은 진폭의 진동에서는 그다지 효과가 크지 않고 또한 고가인 문제점이 있다.

[0020] 상기와 같은 탄성체를 이용한 통상의 기계 방진의 문제점을 해결하기 위하여 방진을 한 기계에 동적흡진기(Dynamic Absorber)를 부착하여, 공진영역에서 진폭이 증가하는 것을 방지하고 정상상태에서 기계의 진폭을 줄

이는 방법이 모색되고 있다.

[0021] 동적흡진기는 그 자체로 스프링과 질량을 구비한 진동시스템인데, 이를 기계에 부착하고 탄성체로 방진을 한 개념도는 도 5에 도시한 바와 같다. 이와 같이 동적흡진기를 부착한 진동시스템은 2자유도계 진동시스템이 되는데, 그 운동방정식은 다음과 같다.

$$[0022] (k_1 + k_2 - \omega^2 m_1) X_1 - k_2 X_2 = F$$

$$[0023] k_2 X_1 - (k_2 - \omega^2 m_2) X_2 = 0$$

[0024] 여기서, m_1 , k_1 , X_1 은 각각 기계의 질량과 스프링상수 그리고 진폭이고, m_2 , k_2 , X_2 는 각각 동적흡진기의 질량과 스프링상수 그리고 진폭이다.

[0025] 상기 운동방정식을 풀면 다음과 같다.

$$[0026] X_1 = \frac{1}{\Delta(\omega)} (k_2 - \omega^2 m_2) F, \quad X_2 = \frac{1}{\Delta(\omega)} k_2 F$$

[0027] 여기서 $\Delta(\omega)$ 는 $(k_1 + k_2 - \omega^2 m_1)(k_2 - \omega^2 m_2) - k_2^2$ 이다.

[0028] 동적흡진기의 기능이 기계 자체의 진동을 없애는 것이므로 상기 식에서 기계의 진폭을 0이 되도록 하여야 하므로, $k_2 - \omega^2 m_2 = 0$, 즉 $\omega = \sqrt{k_2/m_2}$ 로 하여 동적흡진기 자체의 고유진동수를 진동 가진력의 주파수(이하 이를 "가진주파수"라 칭함)와 일치시키면 된다. 동적흡진기를 구비한 기계의 진폭계수와 동적흡진기 질량의 증폭계수 그래프는 도 5에 도시한 바와 같다.

[0029] 도 6의 그래프를 보면, 주파수비 1, 즉 공진점에서 기계의 진동진폭은 0이 되고, 주파수비가 2 이상으로 증가하면 기계의 진동진폭이 급격히 0에 수렴하면서 낮아짐을 알 수 있다.

[0030] 통상의 동적흡진기는 스프링으로 금속스프링을 사용하는데, 한번 제작되고 나면 스프링상수가 불변 값이므로 기계의 운전속도가 바뀔 경우 대응할 수 없고, 따라서 운전 속도의 변화에 따라 별도의 동적흡진기를 제작하여 부착하여야 한다. 그리고 이와 같은 통상의 동적흡진기는 운전속도가 계속 변하는 기계에는 사용할 수 없는 문제가 있다.

[0031] 만약 동적흡진기의 질량을 변화시켜 고유진동수를 조절하려고 한다면, 동적흡진기를 기계에서 분해하여야 할 뿐만 아니라, 미세하게 질량을 조절하기도 용이하지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0032] 상기와 같이 동적흡진기는 탄성체를 이용하여 방진을 한 기계의 자체 진동을 낮추는데 아주 유용한 수단이 될 수 있다. 그러나 이와 같은 통상의 동적흡진기는 기계의 운전속도 변화에 대응할 수 없는 문제점이 있다.

[0033] 따라서 스프링상수가 임의로 조절될 수 있는 동적흡진기가 요구된다. 이와 같이 스프링상수가 조절될 수 있는 동적흡진기는 기계에 부착된 상태에서 간편한 방법으로 스프링상수가 조절될 수 있어야 한다.

과제의 해결 수단

[0034] 본 발명의 동적흡진기는 질량에 위치 복원력을 가하는 수단으로 스프링을 사용하는 대신에 전자석과 영구자석을 사용하여 구성하는데, 원통 형상의 하우징(1), 하우징(1)의 양단에 각각 구비된 2개의 영구자석(2), 그리고 하

우징(1)의 내부에 장입되는 전자석(3)으로 구성된다.

[0035] 본 발명의 동적흡진기는 전자석의 세기가 일정하고 변위가 아주 작을 경우, 전자석의 복원력은 변위에 비례하고, 복원력을 변위로 나눈 스프링상수(k)는 일정한 값을 가진다. 따라서 본 발명의 동적흡진기는 질량이 전자석의 질량과 같고 스프링상수가 일정한 동적흡진기가 된다.

[0036] 본 발명의 동적흡진기는 금속스프링과 질량으로 구성되는 통상의 동적흡진기와 같은 방법으로 진동을 유발하는 기계에 부착하여 기계의 진동제어에 사용할 수 있다.

[0037]

발명의 효과

[0038] 본 발명의 동적흡진기는 기본적인 기능과 사용방법은 금속스프링과 질량으로 구성되는 통상의 동적흡진기와 동일하다.

[0039] 그러나 본 발명의 동적흡진기는 통상의 동적흡진기와는 달리 전자석에 흐르는 전류의 세기를 조절하여 스프링상수를 아주 간편한 방법으로 조절할 수 있으므로, 다양한 회전속도를 가지는 기계에 사용할 수 있고, 운전속도가 계속 변하는 기계에도 사용할 수 있으며, 기계에 장착된 상태에서 고유진동수를 임의로 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1은 본 발명의 동적흡진기의 종단면도이다.

도 2는 전자석의 변위와 이에 작용하는 힘을 표시한 도면이다.

도 3은 댐퍼가 없는 1자유도계 진동시스템의 정상상태 진동응답 그래프이다.

도 4는 댐퍼가 없는 1자유도계 방진시스템의 전달율 그래프이다.

도 5는 동적흡진기를 장착한 진동시스템의 개념도이다.

도 6은 동적흡진기를 장착한 진동시스템의 진동응답 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041] 본 발명의 동적흡진기는 도 1에 도시한 바와 같이 원통 형상의 하우징(1), 하우징(1)의 양단에 각각 구비된 2개의 영구자석(2), 그리고 하우징(1)의 내부에 장입되는 전자석(3)으로 구성된다.

[0042] 하우징(1)은 원통 형상의 몸체(11), 몸체(11)의 양단에 결합되는 마개(12)로 구성된다. 그리고 몸체(11)의 측면에 부착브래킷(13)이 구비되어, 하우징(1)을 사용하고자 하는 기계에 용이하게 부착할 수 있도록 하는 것이 좋다.

[0043] 마개(12)는 여러 가지 방법으로 몸체(11)에 부착할 수 있으나, 도시한 바와 같이 체결볼트(14)을 이용하여 나사결합을 하여 분해와 결합을 용이하게 하는 것이 좋다. 마개(12)와 부착브래킷(13)에는 체결구멍(15)을 구비하여 부착하고자 하는 기계에 용이하게 부착할 수 있도록 하는 것이 좋다. 몸체(11)의 벽 또는 마개(12)에는 전자석에 전기를 공급하는 전선이 통과하는 전선공(16)이 뚫려 있다.

[0044] 영구자석(2)은 상기 하우징(1)의 몸체(11) 양단에 각각 고정되는데, 도시한 바와 같이 마개(12)에 자석이 결합되는 자석자리를 형성하고, 이 자석자리에 영구자석(2)을 결합하여 나사로 고정하는 것이 좋다. 영구자석(2)은 도시한 바와 같이 하나는 N극이 그리고 다른 하나는 S극이 하우징(1)의 몸체(11) 내부로 향하도록 결합한다.

[0045] 전자석(3)은 상기 하우징(1)의 몸체(11) 내부에 장입되어 몸체의 길이방향으로 운동을 한다. 전자석(3)은 통상의 전자석과 동일하게 코어(31)의 외부에 전선을 다수회 감은 코일(32)을 형성하여 제작한다. 코일(32)에는 전선(33)을 통하여 직류전기가 인가된다.

[0046] 전자석(3)의 코어(31)는 그 자체로 질량을 가지나, 질량이 충분히 크지 않을 경우 양단에 부가질량(34)을 추가로 구비할 수 있다. 부가질량(34) 또한 도시한 바와 같이 코어(31)의 양단에 나사결합을 하여 필요에 따라 적당한 질량을 갖는 것으로 교환하기 용이하게 하는 것이 좋다. 동적흡진기의 질량은 전자석(3) 전체의 질량이 된다. 또한 전자석(3)의 코어(31)에는 베어링(35)을 구비하여, 전자석(3)이 하우징(1)의 몸체(11) 내부에서 원

활하게 운동할 수 있게 하는 것이 좋다.

[0047] 전자석(3)의 코일에 일정한 방향으로 직류전기를 인가하면 양단이 각각 N극과 S극을 띄는 전자석이 되는데, 전자석의 세기는 인가하는 전류의 세기와 코어의 단위길이당 감긴 코일의 권수에 비례한다. 상기와 같이 구성된 동적흡진기에서 전자석에는 영구자석(2)은 전자석의 양쪽 자극과 서로 같은 지극이 형성되도록 전기가 인가된다.

[0048] 전자석(3)에 전기가 인가되어 자성을 띄게 되면, 전자석의 양쪽 자극은 각각 영구자석에 의하여 척력(斥力, 서로 미는 힘)이 발생하여 전자석의 양단이 각각 영구자석과 일정한 간격(d)을 두고 이격되어 있다. 이때 발생하는 척력의 크기는 거리제곱에 반비례하고, 두 자석의 세기의 곱에 비례한다.

[0049] 상기와 같이 전자석의 두 자극이 각각 마주한 같은 세기의 영구자석에 의하여 평형을 유지하고 있는 상태에서, 도 2에 도시한 바와 같이 전자석이 한쪽 방향으로 변위 x만큼 운동을 하게 되면, 전자석(3)에 가해지는 힘인 복원력은 다음과 같이 계산된다.

$$F = F_N - F_S = \frac{Cq_1q_2}{(d+x)^2} - \frac{Cq_1q_2}{(d-x)^2} = -\frac{4Cq_1q_2dx}{(d^2-x^2)^2},$$

[0051] (여기서 C는 비례상수, q_1 q_2 는 각각 전자석과 영구자석의 세기)

[0052] 실제 정상상태 진동의 경우 진동진폭(x)이 자극 간의 이격거리(d)에 비하여 아주 작으므로 x^2 을 무시할 수 있고, 복원력은 다음과 같이 간략히 된다.

$$F = -\frac{4Cq_1q_2x}{d^3}$$

[0054] 상기 식에서 알 수 있듯이 본 발명과 같이 전자석(3)과 영구자석(2)을 함께 사용한 동적흡진기에서 전자석의 세기가 일정하고 변위가 아주 작을 경우, 영구자석의 복원력은 변위 방향과 반대방향으로 변위에 비례하여 발생함을 알 수 있다.

[0055] 동적흡진기에서 복원력을 변위로 나눈 스프링상수(k)는 다음과 같이 계산됨을 알 수 있다.

$$k = \frac{F}{x} = -\frac{4Cq_1q_2}{d^3}$$

[0057] 즉 본 발명의 동적흡진기는 질량이 전자석(3)의 질량과 같고 스프링상수가 상기 식과 같은 동적흡진기가 됨을 알 수 있다. 그리고 전자석(3)에 인가되는 전류의 세기를 조절하여 전자석의 세기(q_1)를 조절하면, 동적흡진기의 스프링상수가 조절된다.

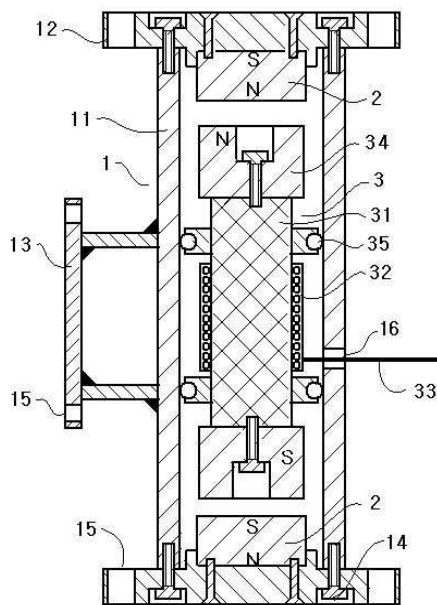
[0058] 본 발명의 동적흡진기는 금속스프링과 질량으로 구성되는 통상의 동적흡진기와 같은 방법으로 진동을 유발하는 기계에 부착하여 기계의 진동제어에 사용할 수 있다.

부호의 설명

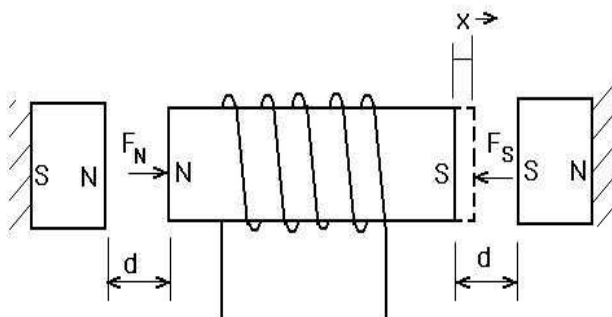
[0059] 1 : 하우징, 2 : 영구자석, 3 : 전자석,
11 : 몸체, 12 : 마개, 13 : 부착브래킷,
14 : 체결볼트, 15 : 체결구멍, 16 : 전선공,
31 : 코어, 32 : 코일, 33 : 전선, 34 : 부가질량, 5 : 베어링

도면

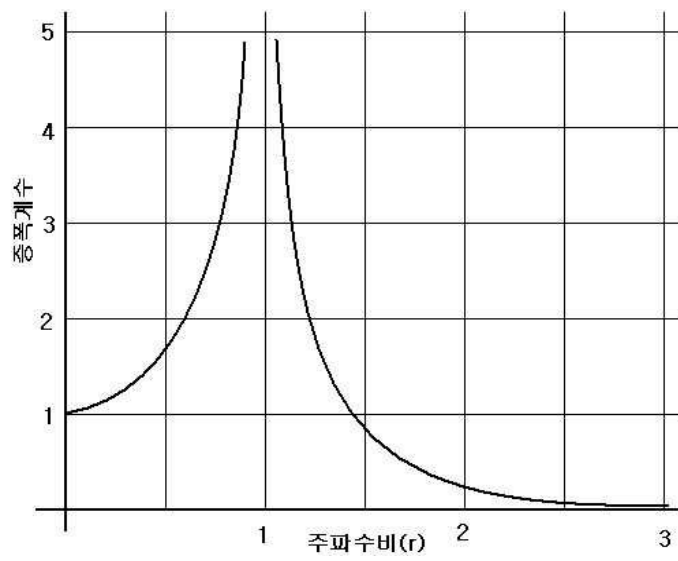
도면1



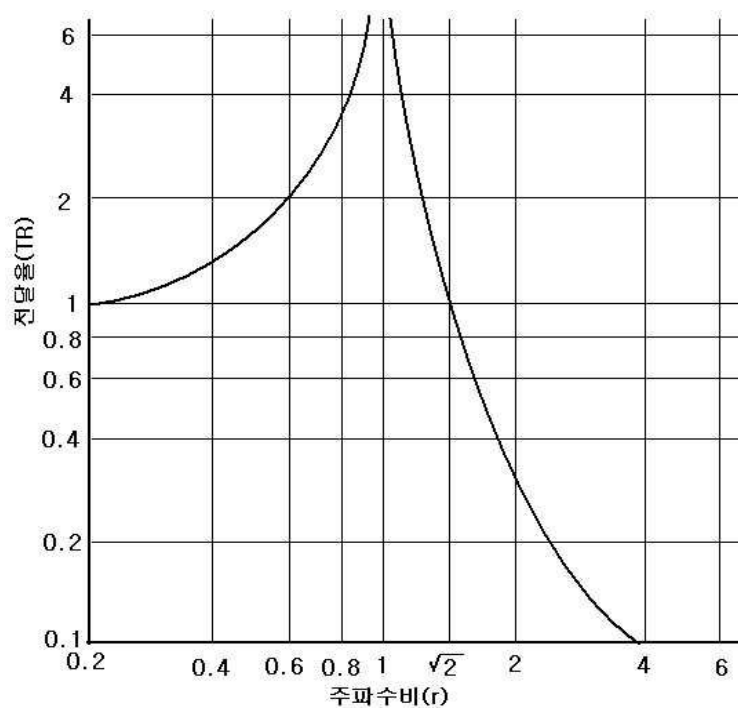
도면2



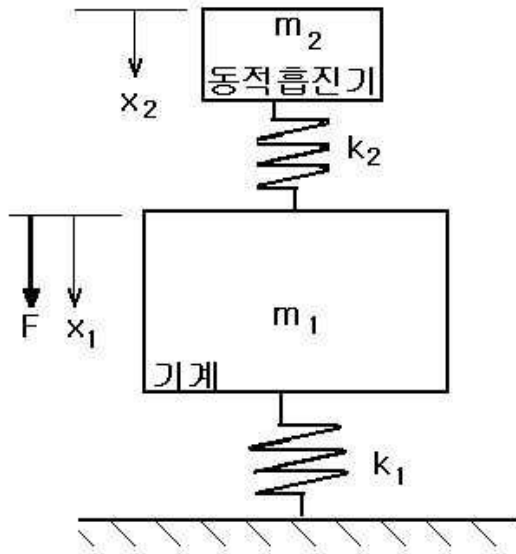
도면3



도면4



도면5



도면6

