



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0067293
(43) 공개일자 2018년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 17/50 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G06F 17/5086 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0168872

(22) 출원일자 2016년12월12일

심사청구일자 2016년12월12일

(71) 출원인

부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)

(72) 발명자

김찬중

서울특별시 양천구 은행정로4길 15-2, 202호(신정
동, 에비앙하우스)

(74) 대리인

김정수

전체 청구항 수 : 총 13 항

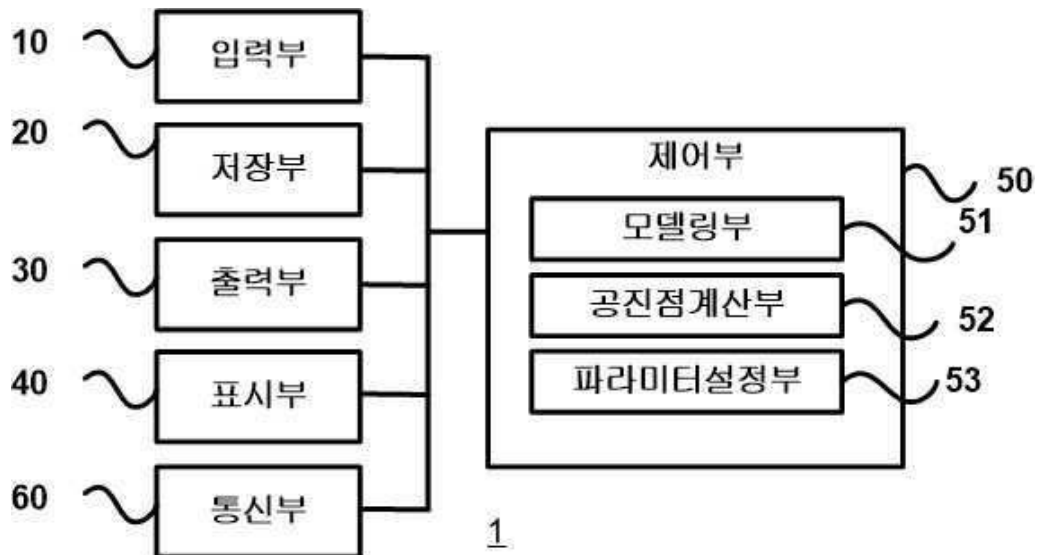
(54) 발명의 명칭 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터 설정 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터 설정에 관한 것으로서, 스톡브릿지 댐퍼의 공진점을 원하는 위치에 위치시키기 위한 설계 파라미터 조합들을 도출할 수 있도록 하는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터 설정 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

상기 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터 설정 장치는, 입력된 스톡브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼 모델을 생성하는 모델링부; 상기 스톡브릿지 댐퍼 모델에 대한 고유치 해석을 수행하여 고유치를 산출하는 것에 의해 생성된 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점(λ_1 , λ_2)식을 도출하는 공진점계산부; 및 상기 스톡브릿지 댐퍼 모델로부터 목적함수를 도출한 후 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점들을 결정짓는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터를 설정하는 파라미터설정부;를 포함하여 구성된다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

입력된 스톡브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼모델을 생성하는 모델링부;

상기 스톡브릿지 댐퍼 모델에 대한 고유치 해석을 수행하여 고유치를 산출하는 것에 의해 생성된 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점($\lambda 1$, $\lambda 2$)식을 도출하는 공진점계산부; 및

상기 스톡브릿지 댐퍼 모델로부터 목적함수를 도출한 후 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점들을 결정짓는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터를 설정하는 파라미터설정부;를 포함하여 구성되는 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 모델링부는,

입력된 상기 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x_1), 하중부회전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게중심(G), 메신저 체결부위 위치(O), 메신저 강성(k)을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼를 모델링 하도록 구성되는 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 모델링부는,

모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 댐퍼 모델식을

$$\begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \mu \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = F(V)$$

로 생성하고, 여기서, $F(V)$ 는 외력인 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 공진점계산부의 고유치 해석을 위한 고유치 해석식은,

$$\lambda^2 = \begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} = 0$$

이고,

여기서, λ 는 $\lambda 1$, $\lambda 2$ 이고, $k_{11}=4k$, $k_{12}=k_{21}=2kL$, $k_{22}=(4kL^2/3)$ 인 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 공진점계산부는,
상기 고유치 해석식으로부터,

$$h = 4k \left(1 + \frac{I_G + ml^2}{ml^2} \right) + \frac{4kL^2}{3l^2} - \frac{4kL}{l}$$

$$\lambda_{1,2} = \left(\frac{ml^2}{I_G + ml^2} \right)^{0.5} \left(\frac{h \pm a}{2m} \right)^{0.5}$$

$$a^2 = h^2 - \frac{16k^2L^2}{3l^4} \left(\frac{I_G + ml^2}{m} \right)$$

의 공진점식들을 도출하는 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 파라미터설정부는,

상기 공진점식들로부터 목적함수를 도출한 후, 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점들을 결정짓는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터인 하중부무게(m), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부의 관성모멘트(I_G)를 설정하도록 구성되는 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서, 상기 목적함수는,

$$J = \min_{m, I_G, L, l} \left[(\alpha - \lambda_1)^2 + (\beta - \lambda_2)^w + \left(\frac{L_{\min}}{L} \right)^n \right] \text{ 이고,}$$

여기서, λ₁과 λ₂는 각각의 공진점, α와 β는 공진점들의 주파수, w는 공진점에 대한 가중치, n은 메신저 길이인 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 상기 파라미터설정부는,

상기 가중치를 '2'로 설정한 후, 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터들에 대한 초기값이 설정되며, 설계 파라미터들의 허용 범위를 기준 값을 중심으로 일정 값의 범위 내에서 가변하며 기 설정된 개수의 공진점을 도출하고, 각각의 공진점에 대하여 기 설정된 개수의 공진점 중 최소 값을 가지는 공진점들의 설계 파라미터들을 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터로 설정하도록 구성되는 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치.

청구항 9

모델링부에 의해 입력된 스톡브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼 모델을 생성하는 모델링과정;

상기 스톡브릿지 댐퍼 모델에 대한 고유치 해석을 수행하여 고유치를 산출하는 것에 의해 생성된 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점(λ₁, λ₂)식을 도출하는 공진점계산과정; 및

상기 스톡브릿지 댐퍼 모델로부터 목적함수를 도출한 후 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점들을 결정짓는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터를 설정하는 파라미터설정과정;을 포함하여 이루어지는 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 모델링과정은,

입력된 상기 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x_1), 하중부회전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게중심(G), 메신저 체결부위 위치(O), 메신저 강성(k)을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼를 모델링 하는 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서, 상기 모델링과정은,

모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 댐퍼 모델식을

$$\begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \mu \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = F(V)$$

로 생성하고, 여기서, $F(V)$ 는 외력인 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 상기 공진점계산과정은,

상기 고유치 해석을 위한 고유치 해석식을,

$$\lambda^2 = \begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} = 0$$

로 설정하고,

상기 고유치 해석으로부터,

$$h = 4k \left(1 + \frac{I_G + ml^2}{ml^2} \right) + \frac{4kL^2}{3l^2} - \frac{4kL}{l}$$

$$\lambda_{1,2} = \left(\frac{ml^2}{I_G + ml^2} \right)^{0.5} \left(\frac{h \pm a}{2m} \right)^{0.5}$$

$$a^2 = h^2 - \frac{16k^2L^2}{3l^4} \left(\frac{I_G + ml^2}{m} \right)$$

의 공진점식들을 도출하며,

여기서, λ 는 λ_1 , λ_2 이고, $k_{11}=4k$, $k_{12}=k_{21}=2kL$, $k_{22}=(4kL^2/3)$ 인 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서, 상기 파라미터설정부는,

상기 공진점식들로부터 목적함수를 도출한 후, 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점들을 결정짓는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터인 하중부무게(m), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부의 관성모멘트(I_G)를 설정하도록 구성되고,

상기 목적함수를,

$$J = \min_{w, L, L_{\min}} \left[(\alpha - \lambda_1)^2 + (\beta - \lambda_2)^w + \left(\frac{L_{\min}}{L} \right)^n \right]$$

로 설정한 후,

상기 가중치를 '2'로 설정한 후, 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터들에 대한 초기값이 설정되며, 설계 파라미터들의 허용 범위를 기준 값을 중심으로 일정 값의 범위 내에서 가변하며 기 설정된 개수의 공진점을 도출하고, 각각의 공진점에 대하여 기 설정된 개수의 공진점 중 최소 값을 가지는 공진점들의 설계 파라미터들을 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터로 설정하며,

여기서, λ_1 과 λ_2 는 각각의 공진점, α 와 β 는 공진점들의 주파수, w 는 공진점에 대한 가중치, n 은 메신저 길 이인 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터 설정에 관한 것으로서, 스톡브릿지 댐퍼의 공진점을 원하는 위치에 위치시키기 위한 설계 파라미터 조합들을 도출할 수 있도록 하는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터 설정 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 스톡브리지 댐퍼는 단일 전력선에 대하여 미풍 1-7m/s 구간에서 공기유동과 관련된 와류발산(vortex shedding) 현상에 의해 바람과 직각 방향으로 진동이 발생하는 것을 저감하기 위해 고안된 것으로 산업 현장에서 가장 보편적으로 사용되고 있다. 1920년대 미국의 스톡브리지에 의해 기본 구조가 제안되었으며 1960년대의 연구결과를 기반으로 댐퍼설계 기술과 위치 설정에 대한 연구가 본격적으로 진행되었다. 최근까지도 좌우가 대칭인 형태인 2R 댐퍼가 대부분 사용되다가 최근에는 공진점의 개수를 증가시켜 보다 넓은 대역에서 진동을 저감하기 위해 좌우가 비대칭인 4R 댐퍼 타입이 사용되고 있는 추세이다. 2R과 4R은 각각 댐퍼에서 유발되는 자체의 공진점의 개수를 말하는 것으로 대칭 구조에서는 불평형 질량이 병진운동과 회전운동에 의해 중복되는 2개의 공진점이 나타나며, 비대칭 구조에서는 각각 다른 구조의 병진운동과 회전운동에 의해 4개의 공진점이 나타난다.

[0004] 댐퍼의 공진은 이와 같이 해당 댐퍼가 전력선의 진동 에너지를 흡수하는 에너지의 대역을 결정하는데 중요한 역할을 수행하며 대상 진동 에너지의 주요 주파수 대역을 최대한 많이 대응할 수 있도록 공진점의 위치를 설정하는 것이 필요하다.

[0005] 그러나 스톡브리지 댐퍼는 특정 설계사양에 대해서만 유효하며 다른 사양으로 변경될 경우 성능이 달라진다. 따라서 스톡브리지 댐퍼를 설계하는 과정에서 댐퍼의 공진점 설계는 향후 작동 과정에서 발생하는 진동내구 관점의 이슈와 함께 댐퍼의 설계 사양을 결정하는데 핵심적인 역할을 한다. 하지만, 국내 전문업체들은 스톡브리지 댐퍼와 관련된 이론적 근거가 부족하여 사전에 설계사양을 바탕으로 응답 특성을 정확하게 예측하는데 어려움을 겪고 있으며, 이를 보완하기 위해 외국의 양산 사양을 벤치마킹하여 특허 문제에서 자유로운 범위 내에서 모방 제품들을 만들어오고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 등록특허 10-1292645

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 스톡브릿지 댐퍼의 공진점 설계를 위한 설계 파라미터를 설정할 수 있도록 함으로써, 스톡브릿지 댐퍼의 공진점 설계에 관련된 최적설계 방안을 제시할 수 있도록 하며, 설계 기간을 단축할 수 있도록 하고, 개발 제품의 진동저감 성능을 개선할 수 있도록 하는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터 설정 장치 및 그 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치는,
 [0011] 입력된 스톡브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼모델을 생성하는 모델링부;
 [0012] 상기 스톡브릿지 댐퍼 모델에 대한 고유치 해석을 수행하여 고유치를 산출하는 것에 의해 생성된 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점(λ_1 , λ_2)식을 도출하는 공진점계산부; 및
 [0013] 상기 스톡브릿지 댐퍼 모델로부터 목적함수를 도출한 후 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점들을 결정짓는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터를 설정하는 파라미터설정부;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 모델링부는,
 [0016] 입력된 상기 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x_1), 하중부회전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게중심(G), 메신저 체결부위 위치(O), 메신저 강성(k)을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼를 모델링 하도록 구성될 수 있다.

[0018] 상기 모델링부는,
 [0019] 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 댐퍼 모델식을

$$\begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \mu \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = F(V)$$

[0020]

[0021] 로 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 여기서, $F(V)$ 는 외력을 나타낸다.

[0024] 상기 공진점계산부의 고유치 해석을 위한 고유치 해석식은,

$$\lambda^2 = \begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} = 0$$

[0025] 이고,

[0026] 여기서, λ 는 λ_1 , λ_2 이고, $k_{11}=4k$, $k_{12}=k_{21}=2kL$, $k_{22}=(4kL^2/3)$ 인 것을 특징으로 한다.

[0028] 상기 공진점계산부는, 상기 고유치 해석식으로부터,

$$h = 4k \left(1 + \frac{I_G + ml^2}{ml^2} \right) + \frac{4kL^2}{3l^2} - \frac{4kL}{l}$$

[0031]

$$\lambda_{1,2} = \left(\frac{ml^2}{I_G + ml^2} \right)^{0.5} \left(\frac{h \pm a}{2m} \right)^{0.5}$$

$$a^2 = h^2 - \frac{16k^2 L^2}{3l^4} \left(\frac{I_G + ml^2}{m} \right)$$

의 공진점식들을 도출하는 것을 특징으로 한다.

상기 파라미터설정부는,

상기 공진점식들로부터 목적함수를 도출한 후, 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점들을 결정짓는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터인 하중부무게(m), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부의 관성모멘트(I_G)를 설정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

상기 목적함수는,

$$J = \min_{m, I_G, L, l} \left[(\alpha - \lambda_1)^2 + (\beta - \lambda_2)^w + \left(\frac{L_{\min}}{L} \right)^n \right] \text{ 이고,}$$

여기서, λ₁과 λ₂는 각각의 공진점, α와 β는 공진점들의 주파수, w는 공진점에 대한 가중치, n은 메신저 길이인 것을 특징으로 한다.

상기 파라미터설정부는,

상기 가중치를 '2'로 설정한 후, 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터들에 대한 초기값이 설정되며, 설계 파라미터들의 허용 범위를 기준 값을 중심으로 일정 값의 범위 내에서 가변하며 기 설정된 개수의 공진점을 도출하고, 각각의 공진점에 대하여 기 설정된 개수의 공진점 중 최소 값을 가지는 공진점들의 설계 파라미터들을 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터로 설정하도록 구성된다.

상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 방법은,

모델링부에 의해 입력된 스톡브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼모델을 생성하는 모델링과정;

상기 스톡브릿지 댐퍼 모델에 대한 고유치 해석을 수행하여 고유치를 산출하는 것에 의해 생성된 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점(λ₁, λ₂)식을 도출하는 공진점계산과정; 및

상기 스톡브릿지 댐퍼 모델로부터 목적함수를 도출한 후 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점들을 결정짓는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터를 설정하는 파라미터설정과정;을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

상기 모델링과정은,

입력된 상기 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x₁), 하중부회전상태변수(x₂), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게중심(G), 메신저 체결부위 위치(O), 메신저 강성(k)을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼를 모델링 하도록 구성될 수 있다.

상기 모델링과정은,

[0055] 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 댐퍼 모델식을

$$\begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \mu \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = F(V)$$

[0057] 로 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0058] 여기서, F(V)는 외력을 나타낸다.

[0060] 상기 공진점계산과정은,

[0061] 상기 고유치 해석을 위한 고유치 해석식을,

$$\lambda^2 = \begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} = 0$$

[0062] 로 설정하고,

[0063] 상기 고유치 해석으로부터,

$$h = 4k \left(1 + \frac{I_G + ml^2}{ml^2} \right) + \frac{4kL^2}{3l^2} - \frac{4kL}{l}$$

$$\lambda_{1,2} = \left(\frac{ml^2}{I_G + ml^2} \right)^{0.5} \left(\frac{h \pm a}{2m} \right)^{0.5}$$

$$a^2 = h^2 - \frac{16k^2L^2}{3l^4} \left(\frac{I_G + ml^2}{m} \right)$$

[0067] 의 공진점식들을 도출하며,

[0068] 여기서, λ 는 λ_1 , λ_2 이고, $k_{11}=4k$, $k_{12}=k_{21}=2kL$, $k_{22}=(4kL^2/3)$ 인 것을 특징으로 한다.

[0070] 상기 파라미터설정부는,

[0071] 상기 공진점식들로부터 목적함수를 도출한 후, 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점들을 결정짓는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터인 하중부무게(m), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부의 관성모멘트(I_G)를 설정하도록 구성되고,

[0072] 상기 목적함수를,

$$J = \min_{m, I_G, L, l} \left[(\alpha - \lambda_1)^2 + (\beta - \lambda_2)^w + \left(\frac{L_{\min}}{L} \right)^n \right]$$

[0073] 로 설정한 후,

[0074] 상기 가중치를 '2'로 설정한 후, 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터들에 대한 초기값이 설정되며, 설계 파라미터들의 허용 범위를 기준 값을 중심으로 일정 값의 범위 내에서 가변하며 기 설정된 개수의 공진점을 도출하고, 각각의 공진점에 대하여 기 설정된 개수의 공진점 중 최소 값을 가지는 공진점들의 설계 파라미터들을 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터로 설정하며,

[0075] 여기서, λ_1 과 λ_2 는 각각의 공진점, α 와 β 는 공진점들의 주파수, w는 공진점에 대한 가중치, n은 메신저 길이인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0077] 상술한 구성의 본 발명은, 스톡브릿지 댐퍼의 동적 거동을 표현할 수 있는 지배방정식을 기반으로 해당 방정식

을 구성하는 설계 파라미터들의 값이 결정되는 경우 예상되는 공진점을 찾아내어 스톡브릿지를 설계할 수 있도록 함으로써, 스톡브릿지 댐퍼의 공진점 설계에 관련된 최적설계 방안을 제시할 수 있도록 하는 것에 의해 설계 기간을 단축할 수 있도록 하고, 개발 제품의 진동저감 성능을 개선할 수 있도록 하는 효과를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0079] 도 1은 본 발명의 실시예에 따르는 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치(1)의 기능블록 구성도.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따르는 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 방법의 처리과정을 나타내는 순서도.
- 도 3은 도 1의 모델링부(51)에 의해 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 일측부를 나타내는 도면.
- 도 4는 1차 시뮬레이션 결과를 나타내는 그래프.
- 도 5는 수정된 목적함수에 의해 수행된 시뮬레이션 결과의 목적함수 값들을 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0080] 하기에서 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- [0082] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명은 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 본 명세서에서 단어 "예시적인"은 "예로서, 일례로서, 또는 예증으로서" 역할을 한다."라는 것을 의미하기 위해 이용된다. "예시적"으로서 본 명세서에서 설명된 임의의 양태들은 다른 양태들에 비해 반드시 선호되거나 또는 유리하다는 것으로서 해석되어야 하는 것만은 아니다.
- [0084] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0085] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0087] 이하, 본 발명의 실시예를 나타내는 첨부 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세히 설명한다.
- [0088] 도 1은 본 발명의 실시예에 따르는 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치(1)의 기능블록 구성도이다.
- [0089] 도 1과 같이, 상기 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치(1)은 입력부(10), 저장부(20), 출력부(30), 표시부(40), 제어부(50) 및 통신부(60)를 포함하여 구성된다.
- [0090] 상기 입력부(10)는 스톡브릿지 댐퍼의 모델링을 위하여, 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x_1), 하중부회전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(1), 하중부 무게중심(G), 메신저 체결부위 위치(0), x_1 과 x_2 관련 메신저 강성(k), x_1 과 x_2 관련 메신저 감쇠(μ), 하중부 회전 반

경(k_g), 전력선 병진 상태 변수(y_1)를 입력할 수 있도록 구성되는 것으로서, 키보드가 접속되는 키보드입력포트, USB 입력장치, 마그네틱 저장장치 또는 광디스크 저장장치 등의 저장장치에 데이터를 기록하고 읽을 수 있는 디스크 드라이버 등의 리드라이트장치, 또는 파일 입력을 받을 수 있는 파일 입력 장치 등으로 구성될 수 있다.

[0091] 상기 저장부(20)는 입력부(10)를 통해 입력된 스톱브릿지 댐퍼의 변수들과 파라미터 설정을 위한 연산 프로그램을 저장하는 것으로, 하드디스크, EP-ROM 등의 컴퓨터가 읽고 쓸 수 있는 저장매체로 구성될 수 있다.

[0092] 상기 출력부(30)는 스톱브릿지 댐퍼의 파라미터 설정 과정 및 결과를 출력하는 것으로서, 프린터, 플로터, 광라이터, 마그네틱 기록장치 등의 출력 장치를 포함하여 구성될 수 있다.

[0093] 상기 표시부(40)는 스톱브릿지 댐퍼의 파라미터 설정 과정을 확인할 수 있도록 하는 정보 표시 장치로서 디스플레이 장치 등으로 구성될 수 있다.

[0094] 상기 통신부(60)는 스톱브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치(1)가 통신망을 통해 외부 통신장치와 통신을 수행할 수 있도록 하는 통신 기능을 제공하도록 구성된다.

[0095] 상기 제어부(50)는 스톱브릿지 댐퍼 파라미터 설정을 위한 프로그램을 로딩하여 실행하도록 구성되는 것으로서, 모델링부(51), 공진점계산부(52), 파라미터설정부(53)를 포함하여 구성된다.

[0097] 상기 모델링부(51)는 입력된 스톱브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톱브릿지 댐퍼 모델을 생성하도록 구성된다. 상기 모델링부(51)에서 생성되는 댐퍼 모델의 식은 다음과 같다.

[0099] [수학식 1]

[0100] <댐퍼 모델 식>

$$\begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \mu \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = F(V)$$

[0102] 여기서, 각 변수는 상태변수들의 가속도($\ddot{x}$), 상태변수의 속도($\dot{x}$), 하중부병진상태변수(x_1), 하중부회전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게중심(G), x_1 과 x_2 관련 메신저 강성(k)이다.

[0104] 상기 공진점계산부(52)는 스톱브릿지 댐퍼 모델에 대한 고유치 해석을 수행하여 고유치를 산출하는 것에 의해 생성된 스톱브릿지 댐퍼 모델의 공진점(λ_1, λ_2)식을 도출하도록 구성된다.

[0105] 이때 상기 공진점계산부(52)의 고유치 해석식은 다음과 같다.

[0107] [수학식 2]

[0108] <고유치 해석식>

$$\lambda^2 = \begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} = 0$$

[0110] 여기서, λ 는 λ_1, λ_2 이고, $k_{11}=4k$, $k_{12}=k_{21}=2kL$, $k_{22}=(4kL^2/3)$ 이다.

[0112] 그리고 상기 <고유치 해석 식>의 해는 공진점들을 나타내며, 고유치 해석식으로부터 다음의 공진점들에 대한 <공진점식>들이 도출된다.

[0114] <공진점식>

[0115] [수학식 3]

$$\lambda_{1,2} = \left(\frac{ml^2}{I_G + ml^2} \right)^{0.5} \left(\frac{h \pm a}{2m} \right)^{0.5}$$

[0116]

[0118] [수학식 4]

$$h = 4k \left(1 + \frac{I_G + ml^2}{ml^2} \right) + \frac{4kL^2}{3l^2} - \frac{4kL}{l}$$

[0119]

[0121] [수학식 5]

$$a^2 = h^2 - \frac{16k^2L^2}{3l^4} \left(\frac{I_G + ml^2}{m} \right)$$

[0122]

[0124] 상기 파라미터설정부(53)는 목적함수를 이용하여 스톡브릿지 댐퍼 모델의 공진점들을 결정짓는 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터인 하중부무게(m), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부의 관성모멘트(I_G)를 설정하도록 구성된다. 이때 하중부 연결부위 위치에서의 질량 모멘트 J는 J=I_G + ml²이 된다.

[0126] [수학식 6]

[0127] <목적함수>

$$J = \min_{m, I_G, L, l} \left[(\alpha - \lambda_1)^2 + (\beta - \lambda_2)^w + \left(\frac{L_{min}}{L} \right)^n \right]$$

[0128]

[0129] 여기서, λ₁과 λ₂는 각각의 공진점, α와 β는 공진점들의 주파수, w는 공진점에 대한 가중치, n은 메신저 길이에 대한 항목의 가중치로서 '2'로 설정될 수 있다.

[0130] 상기 목적함수의 값이 가장 작은 값이 원하는 주파수 대역에 가장 근접한 값이다.

[0131] 상기 목적함수에 의한 공진점의 도출을 위해서 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터들에 대한 초기값이 설정되며, 설계 파라미터들의 허용 범위를 기준 값을 중심으로 일정 값의 범위 내에서 가변하며 기 설정된 개수의 공진점을 도출하고, 각각의 공진점에 대하여 기 설정된 개수의 공진점 중 최소 값을 가지는 공진점들의 설계 파라미터들을 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터로 설정하게 된다.

[0132]

[0133] 도 2는 본 발명의 실시예에 따르는 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 방법의 처리과정을 나타내는 순서도이다.

[0134] 도 2와 같이, 상기 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 방법은 모델링과정(S10), 공진점계산과정(S20)) 및 파라미터 설정과정(S30)을 수행하도록 구성된다.

[0135] 이하, 도 1의 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치(1) 중 제어부(50)의 각 구성과 도 2의 스톡브릿지 댐퍼 파라미터 설정 방법의 처리과정을 설명한다.

[0136] 상기 모델링과정(S10)은 상기 모델링부(51)에 의해 스톡브릿지 댐퍼의 변수 입력값들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼 모델을 생성하고, 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식을 생성하는 과정이다.

[0137] 상기 모델링과정(S10)에서, 상기 모델링부(51)는 입력된 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x₁), 하중부회

전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게 중심(G), 메신저 체결부위 위치(O), x_1 과 x_2 관련 메신저 강성(k), x_1 과 x_2 관련 메신저 감쇠(μ), 하중부 회전 반경(k_g), 전력선 병진 상태 변수(y_1)를 이용하여 스톡브릿지 댐퍼를 모델링 한다.

도 3은 도 1의 모델링부(51)에 의해 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 일측부를 나타내는 도면이다.

도 3과 같이, 입력된 스톡브릿지 댐퍼의 변수들을 이용한 상기 모델링부(51)에 의한 모델링과정(S51)의 수행에 의해 메신저(100)와 하중부(200)의 결합 구조를 가지는 스톡브릿지 댐퍼 모델이 형성된다.

또한, 상기 모델링부(51)는, 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식을

[수학식 1]

$$\begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \mu \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = F(V)$$

로 생성한다. 여기서, $F(V)$ 는 외력을 나타낸다.

상술한 스톡브릿지 댐퍼는 전력선에 체결되는 부위를 기준으로 양쪽에 불평형 질량이 각각 메신저(100)에 부착되어 있는 구조를 가진다. 그리고 상기 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식은 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 동적 거동을 나타내는 이론식이 된다. 상기 지배방정식에서 $F(V)$ 는 전력선에 발생하는 외부 힘에 해당하며 바람의 속도(V)에 따라 주요 주파수 값이 종속된다.

상술한 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식에 의해 댐퍼의 일측부에 대한 공진점을 2개 도출할 수 있으며, 도출된 공진점은 질량의 병진 및 회전에 해당하는 진동모드에 해당한다. 2R 댐퍼의 경우에는 좌우 대칭으로 2개의 공진점이 나타나며, 4R 댐퍼의 경우에는 좌우 비대칭으로 4개의 공진점이 나타난다.

상기 공진점계산과정(S20)은 공진점계산부(52)가 스톡브릿지 댐퍼 모델을 이용하여 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점을 결정하기 위한 고유치 해석을 수행한 후 공진점(λ_1 , λ_2)식을 도출하는 처리과정을 수행한다.

상기 파라미터설정과정(S30)은 파라미터설정부(53)가 파라미터 설정을 위한 목적함수를 이용하여 모델링된 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터인 하중부무게(m), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부의 관성모멘트(I_G)를 설정하도록 구성된다. 이때 하중부 연결부위 위치에서의 질량 모멘트 J 는 $J = I_G + ml^2$ 이 된다. 그리고 상기 목적함수의 값이 가장 작은 값이 원하는 주파수 대역에 가장 근접한 값이다.

즉, 상기 파라미터설정과정(S30)에서 파라미터설정부(53)가 상기 목적함수에 의한 공진점의 도출을 위해서 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터들에 대한 초기값이 설정되며, 설계 파라미터들의 허용 범위를 기준 값을 중심으로 일정 값의 범위 내에서 가변하며 기 설정된 개수의 공진점을 도출하고, 각각의 공진점에 대하여 기 설정된 개수의 공진점 중 최소 값을 가지는 공진점들의 설계 파라미터들을 스톡브릿지 댐퍼 설계 파라미터로 설정하게 된다.

<실험예>

스톡브리지 댐퍼 모델링

스톡브리지 댐퍼는 2개의 균형추(counterweight)와 이를 지지하는 메신저 케이블로 비교적 간단한 구조를 가지고 있다. 하나의 균형추(하중부)에 의해 2개의 공진이 발생하고 양쪽은 동일한 구조를 가지기 때문에 한쪽의 댐퍼 모델만으로도 전체 동적 거동을 예측하기에 충분하다. 스톡브리지 댐퍼의 질량은 오로지 균형추에만 있다고 가정하고 메신저 케이블(메신저)은 강성과 감쇠 역할만 한다고 했을 때 도 3의 스톡브릿지 댐퍼가 모델링된다.

[0155] 도 3에서, m 과 $J(=I_G+ml^2)$ 는 균형추의 질량 및 균형추 연결부위 위치에서의 질량 모멘트를 각각 나타내며, L 과 l 은 각각 메신저의 길이와 하중부 무게중심(질량중심)(G)과 균형추 연결부위 사이의 거리를 나타낸다. 상태 변수는 균형추 연결부위 위치에서 병진운동과 회전운동에 대해 x_1 과 x_2 로 표시된다. 메신저의 특성은 강성과 감쇠 값으로 표현이 되는데 x_i 와 x_j 상태 변수들에 대해 k_{ij} 로 강성과 감쇠 계수 μ 를 활용하여 <수학식 1>의 지배 방정식으로 표시된다. 그리고 <수학식 1>의 고유치 해석식은 <수학식 2>로 표시되고, 공진점들은 <수학식 3> 내지 <수학식 6>으로 표시된다.

[0156] 따라서 스톡브리지 댐퍼의 2개 공진점들은 Fig. 1의 모델에서 사용된 설계 파라미터인 m, l, I_G, L 그리고

L 에 의해 값이 결정된다. 그러므로 4개 설계 변수들에 대한 합리적인 값을 설정하여 설계자가 원하는 위치에 공진점을 위치시키는 것이 바람직하다.

[0158] 목적함수

[0159] 바람의 세기가 1 m/s에서 7 m/s 사이의 미풍 조건에서 전력선은 Aeolian 진동을 유발하게 되고 주파수 대역은 대략적으로 5 Hz에서 50 Hz 사이에서 나타난다. 스톡브리지 댐퍼는 유발된 진동 에너지를 균형추를 통해 별도로 떨게 함으로써 진동 에너지를 저감시키게 된다. 따라서 공진점은 댐퍼의 진동저감 성능을 결정하는데 중요한 역

할을 한다. 2개의 공진점을 α Hz와 β Hz로 설정을 하면 아래의 <수학식 7>과 같은 목적함수(J)를 구성할 수 있다.

[0160] <수학식 7>

$$J = \min_{m, l, I_G, L} [(\alpha - \lambda_1)^2 + (\beta - \lambda_2)^w]$$

[0162] 여기서, 2개의 공진점 λ_1, λ_2 는 4개의 설계 파라미터를 통해 결정이 되며, w 은 2개 공진점에 대한 가중치를 나타내는 변수가 된다. 본 목적함수의 값이 가장 작은 값이 원하는 주파수 대역에 가장 근접한 값이 된다.

[0164] 공진점 사례 연구

[0165] 앞서 언급한 4가지 설계 파라미터를 사용하여 <수학식 2>에서 도출되는 2개의 공진점을 살펴보고자 한다. 각 설계 파라미터의 초기 값은 참고문헌 등을 고려하여 아래 [표 1]과 같이 설정하였으며 초기 모델에서 도출되는 공진점도 같이 나타내었다.

[0166] [표 1]

Parameter	Value	Eigenvalues
m	3.50 kg	$\lambda_1=8.50$ Hz $\lambda_2=35.90$ Hz
l	0.015 m	
I_G	0.018 kg·m ²	
L	0.26 m	

[0167]

[0169] 본 조건을 초기 값으로 하여 모든 설계 파라미터들을 $\pm 30\%$ 변화시켜가면서 목적함수의 값을 계산하였다. 목적 함수에 사용되는 2개의 목표 공진점은 초기 값을 기준으로 2개의 값을 설정하여 시뮬레이션 과정에서 4개의 경우의 수를 가지도록 하였다. 또한 목적함수 가중치 w 은 2로 결정하여 2개 공진점의 기여도가 동일하게 적용되도록 하였으며, 설계 파라미터들은 [표 2]의 범위 내에서 동일 간격으로 7개를 설정하였다. 가중치 값을 달리하는 경우와 파라미터의 설정 개수에 따라 최적 값이 달라질 가능성이 있으며, 본 실험예의 주요 목적이 목적함수를 활용한 최적설계 조건이 효율적으로 도출되는지를 확인하는데 있었기 때문에 일부 시뮬레이션 조건에 대해서만 타당성을 확인하였다.

[0171] [표 2]

Parameter	Simulation range	Eigenvalues
m	2.45 kg ~ 4.55 kg	$\alpha_1=5$ Hz
l	1.05 mm ~ 1.95 mm	$\alpha_2=12$ Hz
I_G	0.012kg·m ² ~0.023kg·m ²	$\beta_1=32$ Hz
L	0.18 m ~ 0.34 m	$\beta_2=40$ Hz
Case I : $\alpha_1+\beta_1$, Case II : $\alpha_1+\beta_2$		
Case III : $\alpha_2+\beta_1$, Case IV : $\alpha_2+\beta_2$		

[0172] [표 2]에 나타난 바와 같이 설계 파라미터들의 허용 범위를 기준 값을 중심으로 $\pm 30\%$ 까지 두어 비교적 큰 변화에 따른 공진점의 변화를 살펴보고자 하였다. 앞서 언급한 바와 같이 개별 파라미터 값을 구간 내 7개 설정하였기 때문에 파라미터의 수가 4개라는 점을 고려할 때 사례 연구의 수는 2,401개(=7×7×7×7)가 된다.

[0174] 우선 [수학식 7]에서 제안된 목적함수가 설정된 2개의 공진점을 잘 추종하는지를 알아보기 위해 [표 1]의

$$\alpha=\lambda_1 \quad \beta=\lambda_2$$

, 를 목표 설정 값으로 지정하여 1차 시뮬레이션을 하였다.

[0175] 도 4는 1차 시뮬레이션 결과를 나타내는 그래프 이다.

[0176] 도 4와 같이, 다소 근소하긴 하지만 1차 시뮬레이션 결과 1201번째에서 가장 최소의 목적함수 값이 도출되었으며, 이 값에 해당하는 파라미터들의 값은 정확하게 [표 1]의 파라미터 값과 일치한다. 하지만, 도 4에 나타난 바와 같이 2,401개의 사례 연구에서 유사한 결과를 보여주는 경우가 다수 존재한다는 것을 확인할 수 있다. 이를 확인하기 위해 목적함수의 값을 순서대로 정리하여 근소한 최솟값을 가지는 다른 2개의 경우에 대해서도 아래 [표 3]에 같이 비교하였다.

[0178] [표 3]

Parameter	No.1	No.2	No.3
m (kg)	3.50	4.55	2.45
l (m)	0.015	0.011	0.012
I_G (kg·m ²)	0.018	0.021	0.015
L (m)	0.26	0.24	0.29
Objective Function	0.00001	0.0005	0.011

[0179] 첫 번째(No.1)와 비교하여 나머지 2개 경우에 대해서도 목적함수 값은 거의 0에 근접하였기 때문에 3가지 경우 모두 유사한 결과를 도출한 것이다. 하지만 균형추의 질량이나 메신저 길이 등은 상당한 차이를 보이고 있음을 확인할 수 있다.

[0180]

[0181] 위에서 도출한 3가지 설계후보들은 공진점 측면에서는 매우 유사하지만 서로 다른 설계 사양을 가지고 있기 때문에 댐퍼의 중요한 성능 혹은 내구 측면에서 차이가 있을 가능성이 크다. 따라서 공진점만으로 구성된 현재의 목적함수는 한계를 가지고 있으며 다른 설계요소를 고려한 수정이 필요함을 알 수 있다. 참고로 스톡브리지 댐퍼의 진동에너지(D)는 [수학식 8]과 같이 표현이 가능하다.

[0183] [수학식 8]

[0184]
$$D = \frac{\mu}{\omega} \left[k_{11}(\dot{x}_1 - \dot{y}_1)^2 + 2k_{12}x_2(\dot{x}_1 - \dot{y}_1) + k_{22}\dot{x}_2^2 \right]$$

[0185] [수학식 8]에서 댐퍼의 구조적인 인자와 관계된 변수는 kij로 표현되는 메신저 강성 성분들임을 알 수 있으며, 식 (3)에 의해 해당 변수들은 L-3에 비례하게 된다(7). 메신저 케이블의 감쇠 인자(μ)의 경우 물성치에 해당하기 때문에 목적함수 수정에서는 관련성이 낮다. 따라서 초기의 목적함수는 메신저의 길이 정보(L)를 고려하여 댐퍼의 진동에너지 특성 인자를 추가한 목적함수 [수정식 6]이 도출된다. [수학식 6]을 다시 기재하면 다음과 같다.

[0186] [수학식 6]

[0187]
$$J = \min_{m, I_G, L, l} \left[(\alpha - \lambda_1)^2 + (\beta - \lambda_2)^w + \left(\frac{L_{min}}{L} \right)^n \right]$$

[0188] 여기서, Lmin은 기준 대비 30% 짧은 메신저 길이를 나타내며, n 은 메신저 길이에 대한 항목의 가중치이다. 앞서 수행된 사례 연구와 마찬가지로 메신저 길이에 대한 가중치도 동일하게 '2'로 설정한 후 모든 설계 파라미터 조건에 대해 사례 연구를 진행하였으며 최적 설계안은 아래 [표 4]와 같다.

[0189] [표 4]

Parameter	No.1	No.2	No.3
$m(kg)$	2.45	2.80	2.45
$l(m)$	0.012	0.017	0.011
$I_G(kg \cdot m^2)$	0.018	0.016	0.018
$L(m)$	0.29	0.29	0.29
Objective function	0.41	0.46	0.49

[0190]

[0191] 시뮬레이션 결과 기존 목적함수의 결과와 다른 최적 안이 도출됨을 알 수 있으며 메신저 길이에 대한 요소가 큰 영향을 주었기 때문이다. 따라서 댐퍼의 진동에너지 저감 등을 고려할 때 수정된 목적함수를 통해 획득한 설계 파라미터의 정보들이 현실적으로 더 유용함을 알 수 있다.

[0193] 이번에는 [표 2]에서 제시된 서로 다른 4가지 시뮬레이션 케이스에 대해 수정된 목적함수를 이용하여 사례연구를 진행하였다. 시뮬레이션을 통해 획득한 각 케이스의 목적함수 값들을 아래 도 5에 도시하였다.

[0194] 도 5는 수정된 목적함수에 의해 수행된 시뮬레이션 결과의 목적함수 값들을 나타내는 그래프이다.

[0195] 4가지 케이스에 대한 실험예를 통해 목적함수가 가장 최소의 경우를 도 5에서 도출된 목적함수들의 값의 비교를 통해 얻어내었다. 수정된 목적함수 조건에서 4가지 케이스에 대한 최적 값의 조합을 찾아 아래 [표 5]에서 [표 8]까지 정리하였다. 각 경우에 대해 3가지 설계 파라미터 정보들을 살펴보면 목적함수의 값의 차이가 크게 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다. 공진점의 일치 정도에 대해서는 가급적 목표하는 값으로 설정되면 좋으나 엄밀함을 요구하지는 않는다. 따라서 설계자는 댐퍼의 다른 특성을 고려하여 첫 번째 경우를 반드시 선택해야 할 필요는 없다.

[0197] [표 5]

Parameter	No.1	No.2	No.3
$m(\text{kg})$	4.55	4.55	4.55
$l(\text{m})$	0.014	0.015	0.020
$I_G(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$	0.016	0.016	0.014
$L(\text{m})$	0.34	0.34	0.34
Objective function	0.34	0.38	0.40

[0198]

[0200] [표 6]

Parameter	No.1	No.2	No.3
$m(\text{kg})$	4.55	4.55	4.20
$l(\text{m})$	0.011	0.012	0.011
$I_G(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$	0.012	0.012	0.012
$L(\text{m})$	0.29	0.29	0.31
Objective function	2.98	3.25	3.53

[0201]

[0202] [표 7]

Parameter	No.1	No.2	No.3
$m(\text{kg})$	2.45	2.80	3.50
$l(\text{m})$	0.020	0.020	0.020
$I_G(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$	0.023	0.023	0.023
$L(\text{m})$	0.26	0.26	0.24
Objective function	7.62	8.62	8.69

[0203]

[0204] [표 8]

Parameter	No.1	No.2	No.3
$m(\text{kg})$	3.15	2.80	2.80
$l(\text{m})$	0.018	0.014	0.017
$I_G(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$	0.019	0.023	0.021
$L(\text{m})$	0.21	0.21	0.21
Objective function	0.78	0.80	0.82

[0205]

[0207] 상기에서 설명한 본 발명의 기술적 사상은 바람직한 실시예에서 구체적으로 기술되었으나, 상기한 실시예는 그 설명을 위한 것이며 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다. 또한, 본 발명의 기술적 분야의 통상의 지식을 가진자라면 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 다양한 실시예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

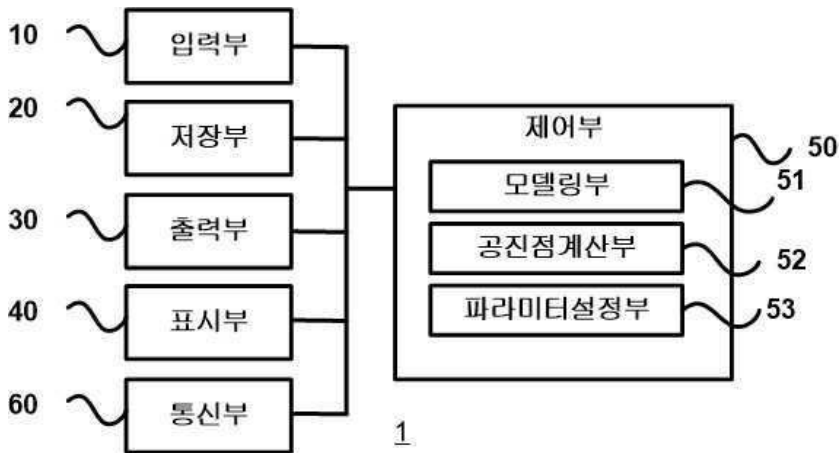
부호의 설명

1: 스톱브릿지 댐퍼 파라미터 설정 장치

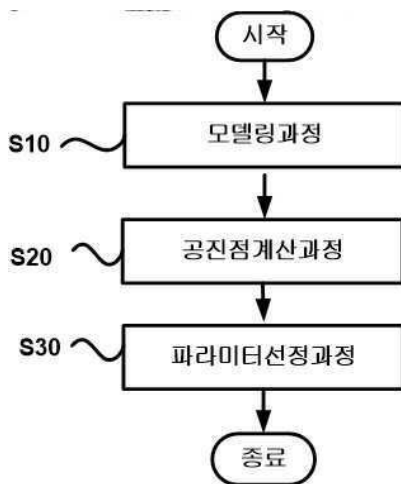
100: 메인저 200: 하중부

도면

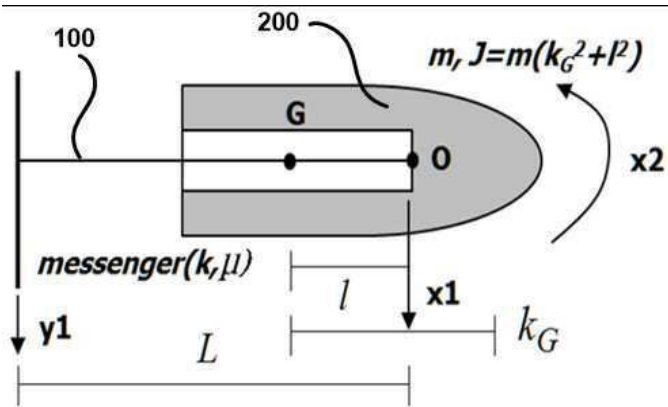
도면1



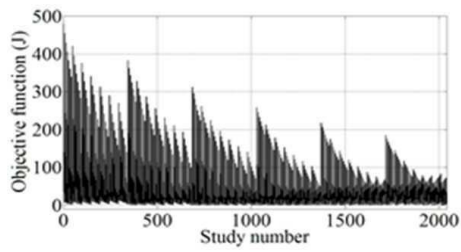
도면2



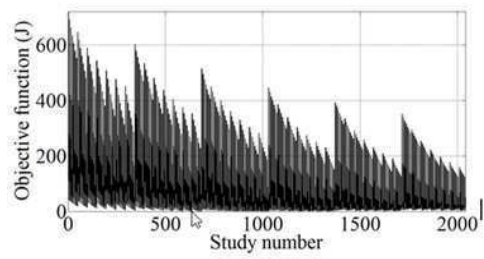
도면3



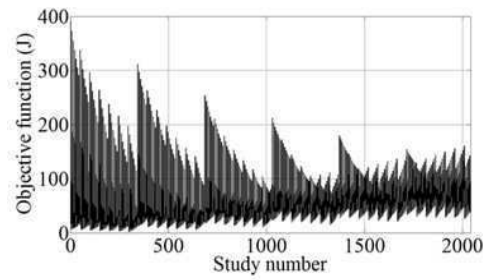
도면4



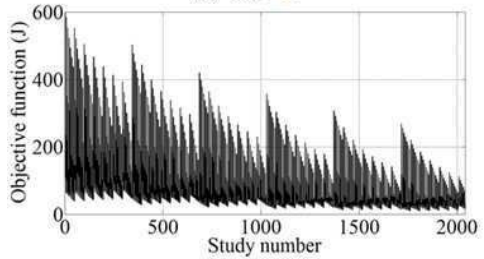
도면5



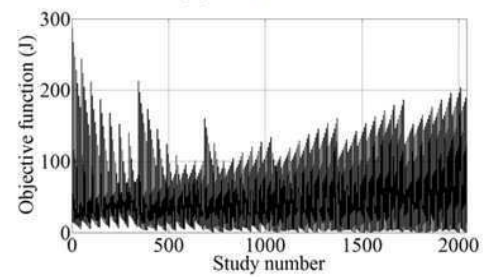
(a) Case



(b) Case II



(c) Case III



(d) Case IV