의료용 모터에 의해 발생하는 진동 저감 연구

A Study on Vibration Reduction by Medical Device Motor ; A Preliminary Study

*김성국[1], 조영근[1], 이대원[1], #김한성[1]
*S. G. Kim[1], Y. K. Cho[1], D. W. Lee[1], #H. S. Kim(hanskim@yonsei.ac.kr)[1]
[1]연세대학교 의공학과

Key words : Spring, Motor pump, Vibration reduction, Medical device

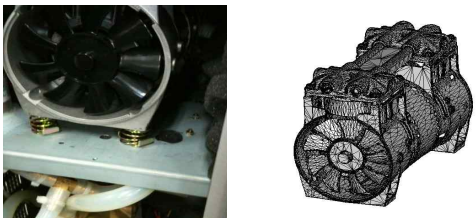
1. 서론

본 연구는 모터 펌프 자체의 진동으로 발생되는 진동소음 저감을 위한 연구이다. 또한 본 연구는 소음의 원인이 되는 진동을 줄이기 위한 연구이며, 모터 펌프의 고정에 사용되는 스프링의 수직축과 수평축의 탄성계수와 감쇠계수를 이용한 모터 펌프의 진동 특성에 대한 연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

2.1 모터 펌프와 스프링의 3차원 모델링

진동분석을 하기 위해 선택된 모터 펌프(스파테크㈜; Fig. 1 (a))는 진공 감압을 유발하는 의료기기에 사용 되는 모터 펌프 중 하나이다. 모터 펌프의 외형을 3D 레이저 스캐너(DS-2016, Laser Design, USA; Fig. 1 (b))를 이용하여 외형을 추출한 뒤, 모터 펌프와 본체와의 고정장치(스프링)를 간략화하여 3차원 동역학 해석 소프트웨어인 MSC.ADAMS (MSC.Software Co.)를 이용하여 모델링하였다.



(a) (b)

Fig. 1 A typical motor pump: (a) a motor pump with spring, (b) A 3D laser scanned model

2.2 모터 펌프의 관성모멘트 (MOI)

모터 펌프의 관성모멘트를 구하기 위해 관성모멘트 실험 장비를 이용하였다(Fig. 2). 모터 펌프의 관성모멘트(I)를 구하기 위해서는 모터 펌프의 토크(τ) 와 각 가속도(α)를 구하여야 한다.

$$I = \tau / \alpha \quad (1), \qquad \alpha = a / r \quad (2)$$

'a'는 가속도이고 'r'은 원판의 반지름이다. Weight-force(WF)는 모터펌프 아래 원판에 연결된 줄의 장력(T)과 같다.

$$\tau = r \cdot T \quad (3)$$

$$\sum F = mg - T = ma \quad (4)$$

$$WF = T = m(g - a) \quad (5)$$

'm'은 추의 질량이며 'g'는 중력가속도이다. 이 식들을 정리하면 식(6)이 되며 이를 통해 관성모멘트를 구할 수 있었다.

$$I = \tau / \alpha = r \cdot m(g - a) \div a / r$$

$$= m \cdot r^2 (g / a - 1) \quad (6)$$

위와 같은 방법으로 각각 모터펌프 3축의 관성모멘트를 구하였다.

Fig. 2 Measurement of MOI for motor pump

2.3 스프링의 강성계수와 감쇠계수

스프링의 강성계수와 감쇠계수를 구하기 위해 피로해석시스템 장비(INSTRON 8874 series, Instron, UK; Fig. 3)와 수학적 계산을 이용하였다.

$$w_{nd} = \sqrt{\frac{k}{m} - (\frac{c}{2m})^2} \quad (7)$$

$$c = 2\sqrt{mk} \quad (8), \qquad k = \frac{F}{x} \quad (9)$$

'w_{nd}'는 감쇠고유 진동수 이고 'm' 은 질량이다. 'x'는 스프링의 변위이고 'K'는 강성계수, 'C'는 감쇠계수이다. 피로해석 시스템 장비를 이용하여 스프링을 압축하여 힘에 따른 변위를 구하였고 식(9)을 이용하여 강성계수를 구하였다. 감쇠계수는 식(8)를 이용하여 구하였다. Fig. 3 (a)와 같이 스프링을 수직축으로 놓고 수직축의 강성계수와 감쇠계수를 구하였고, Fig. 3 (b)와 같이 스프링을 수평축으로 놓고 수평축의 강성계수와 감쇠계수를 구하였다.

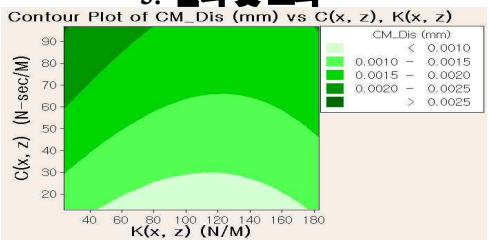
(a) (b)

Fig. 3 An experiment setup to measure stiffness coefficient and damping coefficients of spring: (a) vertical coefficients, (b) horizontal coefficients

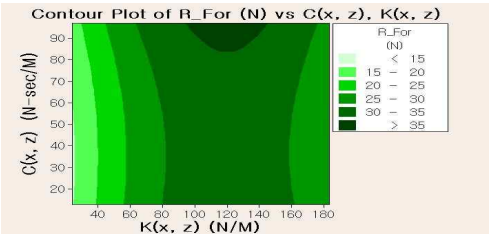
2.4 반응표면법

K와 C를 이용한 총 31개의 테스트가 반응 표면법 중 하나인 중심합성법을 이용하여 설정되었다. 중심합성법과 각각의 동역학 해석에서 측정된 결과를 이용하여 스프링 수평축과 수평축 특성에 따른 스프링 반력과 모터 펌프 중심점의 변위를 3차원 동역학& 생체역학 프로그램 MSC.ADAMS (MSC.Software Co.)으로 해석한 뒤 반응표면 (Response Surface)으로 생성하였다.

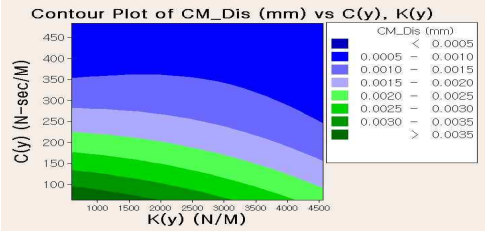
3. 결과 및 토의



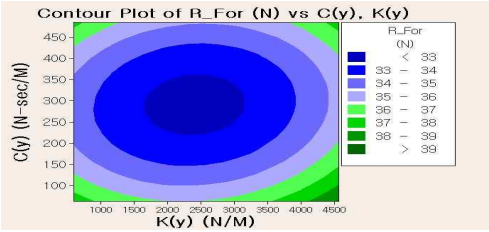
(a) Displacement of the center of mass (COM) of the motor pump (Horizontal spring)



(b) Reaction forces of spring (Horizontal spring)



(c) Displacement of the COM of the motor pump (Vertical spring)



(d) Reaction forces of spring (Vertical spring)

Fig. 4 Contour plot

결과를 통해 반력과 모터 펌프 중심점의 변위가 강성계수와 감쇠계수의 영향을 받는 것을 확인할 수 있었고, 스프링 수직축에 따른 스프링 반력은 특정 영역에서 최소 값을 나타냄을 알 수 있었다.

이 후의 실험으로는 소음이 전달되는 경로를 파악하여 그 경로를 차단하는 방법인 모터 유동해석이 있으며 이를 통해 모터 내부 하모닉 성분들을 조사하여 모터 진동에 의한 소음 특성을 개선할 수 있을 것이다.[1]

4. 후기

본 연구는 강원도 선도·전략산업 인재양성사업의 연세대학교 의료기기인적자원양성센터의 지원에 의하여 이루어진 것임.

참고문헌

1. 고속 회전용 모터의 진동 측정 및 평가기술, 한국공작기계학회지 제 14권 제1호; 27-37, 2005