

드럼 세탁기의 진동 저감을 위한 자이로스코프 시스템 설계 Design of Gyroscope System for Washing Machine Vibration Control

나규성* · 박영진† · 박윤식**

Gyu Sung Na, Young Jin Park and Yoon Sik Park

1. 서 론

세탁기의 경우 크게 두 가지의 종류로 분류 할 수 있는데 세탁물을 넣는 방식에 따라 전자동 세탁기(top loading)와 드럼 세탁기(front loading)로 나눌 수 있다. 전자동 세탁기에 비해 드럼 세탁기의 경우 물 사용량이 적고, 옷감 손상이 적은 장점을 가지고 있어 많이 사용하고 있다. 최근 드럼 세탁기의 경우 용량이 크고 가격이 비싼 세탁기의 수요가 많아지고 있다.

드럼 세탁기는 세탁물의 편심에 의한 언발란스가 고속 탈수 회전시 진동의 주요 원인이며, 내부 세탁조(tub) 및 드럼(drum)의 진동이 외부 프레임(frame)에 전달 된다. 그러나 세탁기의 프레임은 운송시 도어 크기 및 빌트인 세탁기의 크기 제한으로 키우는데 한계가 있게 되고, 또한 내부 용량 키우는데 제한이 생기게 된다.

과거 세탁기 진동 저감을 위해서 드럼 세탁기에 불발란서⁽¹⁾를 적용하거나 액체 발란서⁽²⁾를 적용하였으며, 이는 정상상태 진동의 저감에 관심이 있었다.

본 연구에서는 자이로스코프를 이용하여 드럼 세탁기 내부의 진동을 줄이고자 하며, 자이로스코프의 설계 변수를 최적화하여 구하고자 한다.

2. 진동 해석

2.1 자이로스코프 시스템

드럼 세탁기의 동역학 모델의 경우 자이로스코프를 포함한 모델로 구성하였으며, Fig. 1과 같이 다물체 동역학 해석프로그램인 RecurDyn을 이용하여

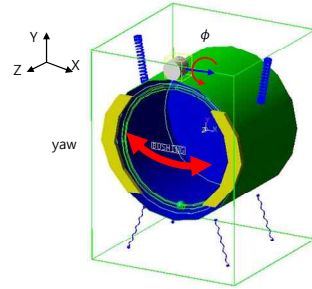


Fig. 1 Dynamic model of washing machine

모델링 하였다. 그림과 같이 yaw motion의 진동을 줄이고자 하며 자이로스코프의 토크를 이용하여 제어하고자 한다.

$$\sum M_o = I\psi\dot{\phi} \quad (1)$$

수식 (1)과 같이 자이로스코프의 발생 토크는 I (회전축의 Inertia), ψ (rotor의 회전 속도), $\dot{\phi}$ (gimbal의 회전 속도)로 나타낼 수 있다⁽³⁾.

Fig. 2는 자이로스코프의 발생 토크 대비 세탁조(Tub) X방향 진동 변화를 보여 주고 있다. 12.8N.m 이상 17.5N.m이하의 토크일 경우 tub 전면 진동이 10mm 이하로 저감됨을 알 수 있다.

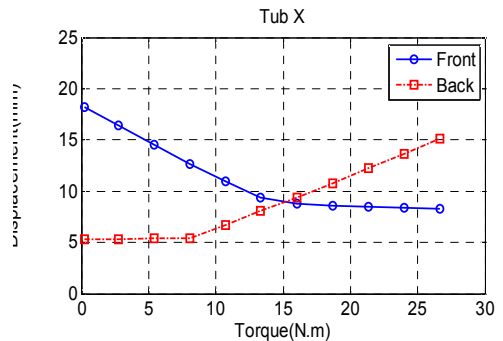


Fig. 2 Tub X vibration vs gyroscope torque

† 교신저자; 정희원, KAIST 기계공학과
E-mail : yjpark16@kaist.ac.kr
Tel : (042)350-3076, Fax : (042)350-8220

* KAIST 기계공학과
** KAIST 기계공학과

2.2 시스템 최적 설계

설계 변수는 $x_1 = I, x_2 = \dot{\psi}, x_3 = \dot{\phi}$ 와 같이 정의하였다. 목적함수 $f(X)$ 는 자이로스코프의 kinetic energy를 최소화하도록 설계 변수를 구하였다.

$$f(X): K.E.$$

$$g_1(X): \frac{1}{2}x_1x_2^2 - 300 \leq 0 \quad (2)$$

$$g_2(X): x_1x_2x_3 - 12.8 \geq 0$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; 0 \leq x_3 \leq 9.86$$

식 (2)와 같이 정의하였는데 구속조건으로 $g_1(x)$ 는 kinetic energy로 300J이하가 되도록 설계하며, $g_2(X)$ 는 요구 모멘트로 12.8N.m 이상이 되도록 설계하였다. Fig. 3은 Matlab을 통하여 구한 설계값을 보여주며, 이때 최적설계값으로 $x_1=0.002839\text{kg.m}^2$, $x_2=459.08\text{rad/s}$, $x_3=9.82\text{rad/s}$ 값을 얻었다.

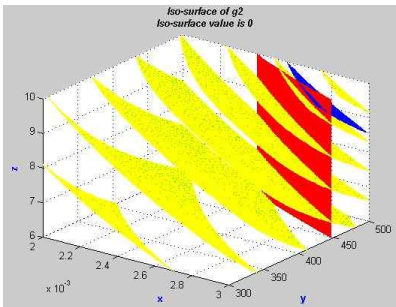


Fig. 3 Graphical solution

2.3 모의 실험 결과

Table 1은 최적 설계값과 모의 실험 결과값을 보여 주고 있다. 최적 설계값을 살펴 보면 Kinetic energy를 9435J에서 299J로 97% 줄였으며, 세탁기는 소비자가 직접 사용하는 제품으로 문제시 안전한 수준으로 저감 하였다.

이 때의 진동 또한 Fig. 4대비 Fig. 5와 같이 설계 목표인 10mm 이하로 저감됨을 볼 수 있다.

Table 1 Comparing of simulation results

	Origin	자이로스코프 초기 설계값 ⁽³⁾	자이로스코프 최적 설계값
Inertia(kg.mm ²)		1404	2839
Rotor speed(rad/s)		3665	459
Gimbal speed(rad/s)		2.5	9.8
Kinetic energy(J)		9435	299
Tub X (mm)	17.9	10.5	9.9

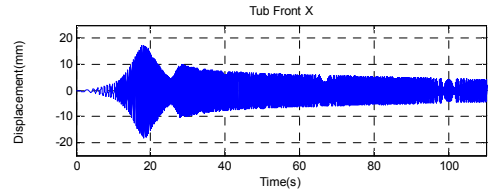


Fig. 4 Original tub vibration

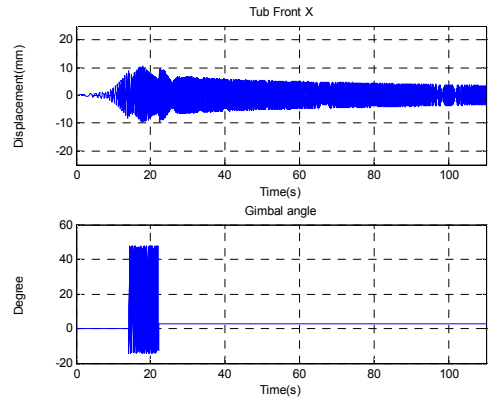


Fig. 5 Simulation results

3. 결 론

자이로스코프를 세탁기에 적용시 최적의 설계 변수값을 구하였으며, 초기값대비 97%의 Kinetic energy를 저감 하였다. 또한 기존 세탁조(Tub)의 X방향 진동을 17.9mm 에서 9.9mm로 44.7%의 진동을 저감 하였다. 향후 제작 및 실험을 통하여 검증 하고자 한다.

참 고 문 헌

- (1) 이준영, 박운서, 1998, "Modeling and Dynamic Analysis of a Front Loaded Washing Machine with Ball Type Automatic Balancer," 한국소음진동공학회, Vol. 8, No. 4, pp. 670~682.
- (2) Bae, S., Lee, J. M., Kang, Y. J. and Kang, J. S., 2002, "Dynamic Analysis of an Automatic Washing Machine with a Hydraulic Balancer," Journal of sound and Vibration, Vol. 257, No. 1, pp. 3~18.
- (3) Na, G. S., Park, Y. J., Park, Y. S., and Kang, J. H., 2013, "Washing Machine Vibration Analysis using Gyroscope System," 대한기계학회, pp. 35~36