

가속도 계측 센서의 고유진동 특성 분석

Natural Vibration Characteristics of Accelerometer

김승기* · 곽문규† · 양동호* · 양동육**

Seung-Ki Kim, Moon K. Kwak, Dong-Ho Yang and Dong-Yuk Yang

Key Words : Accelerometer(가속도계), Natural Vibration Characteristics(고유진동특성)

ABSTRACT

This paper is concerned with the analysis of natural vibration characteristics of an accelerometer used in power plant. The malfunction of the accelerometer in high-temperature environment may produce erroneous sensor signal and the erroneous signal may cause unpredicted accidents in power plants. Hence, the accelerometer which endures high temperature needs to be developed. In this study, the natural vibration characteristics of the accelerometer were investigated prior to the development of the high-temperature accelerometer. The main mechanical part of the accelerometer is a spiral spring. In this study, the dynamic characteristics of the spiral spring were investigated first by using a commercial finite element code. Numerical results show that the thickness of the spiral spring affects the dynamic characteristics. Numerical investigation on the effect of temperature on the performance of the accelerometer will follow.

1. 서 론

발전 설비에 사용되는 진동센서는 전기를 생산하는 주요 시설물인 발전소를 보안·안전 등을 목적으로 모니터링 하는 데에 중요한 역할을 한다. 발전소에서 발생할 수 있는 사고는 그 어떤 사고보다도 규모가 크고 사회적·경제적 손실이 크다. 특히 2011년 일본 후쿠시마 원전 사태 이후로는 원자력 발전소의 안전에 대한 관심이 더욱 커지고 있다.

발전 설비의 안전을 위해 사용되는 센서의 종류는 목적에 따라 여러 가지로 다양하지만, 그 중에서도 가속도 센서는 기계의 오작동 및 과도한 진동으로 인한 고장 등을 진단하여 엔지니어가 그 위험성에 대하여 상시적으로 대처할 수 있도록 한다. 하지만 발전 설비의 환경은 매우 고온이기 때문에 이 가속도 센서의 성능이 변질되어 정확하지 않은 데이터

오류가 발생할 수 있다. 이러한 데이터 오류는 큰 사고로까지 이어질 위험이 크기 때문에, 고온 환경에서도 성능을 유지할 수 있는 진동의 사용이 필요하다. 그러나 국내에서 자체적인 기술로 개발된 고온용 진동 센서는 아직 없다.

본 연구에서는 고온 환경의 원자력 발전소에서 발전 설비를 계측하는 데에 사용될 가속도 센서에 대해 주요 부품의 구조 변경으로 인한 고유진동 특성 변화를 ANSYS 소프트웨어를 이용해 조사하였다. 온도가 변화하면서 가속도계를 구성하는 구조물의 물성치도 변하기 때문에 다양한 온도 조건하에서의 동적 특성 변화를 조사하였다. 해석 대상인 가속도계의 주요 구성은 Fig.1 과 같다. 가속도계는 내부의 영구자석과 이동자로서 코일이 감겨있는 실린더, 그리고 이동자와 내부 구조물간의 스프링 역할을 하는 스파이럴 스프링으로 구성되어 있다. 이 중 스파이럴 스프링이 가속도계의 동적 특성을 결정하는 가장 중요한 부품이다. 본 연구에서는 스파이럴 스프링의 두께 변화에 따른 동특성 변화와 응력 분포를 먼저 조사하였다.

† 교신저자; 동국대학교 기계로봇에너지공학과

E-mail : kwakm@dgu.edu

Tel : 02) 2260 - 3705

* 동국대학교 대학원 기계공학과

** ㈜로거테크

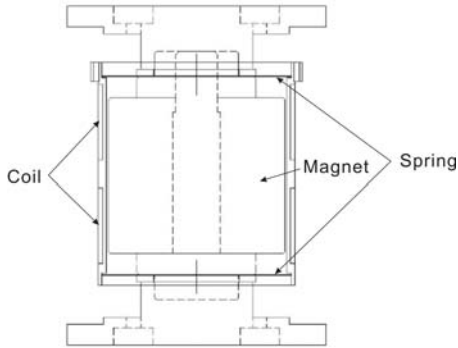


Fig. 1 Configuration of the sensor

2. 스프링 구조에 따른 해석

본 연구에서는 먼저 상온에서의 가속도계에 대한 정적 해석을 수행하였다. 우선 스파이럴 스프링의 구조에 따라 정적 변위가 달라질 것을 예측하기 위해 스프링의 두께(Thickness)를 증가시켜 가면서 스프링 상수의 변화를 계산하였다. 스프링의 두께는 0.1mm 에서 0.2mm 까지 0.01mm 씩 증가시켰다. 정적 변위 변화는 Fig. 2 와 같다. 여기서 스프링의 두께가 두꺼워질수록 변위가 줄어드는 것을 알 수 있으며, 이는 스프링의 강성(Stiffness)이 스프링의 두께가 두꺼워질수록 증가하기 때문으로 볼 수 있다.

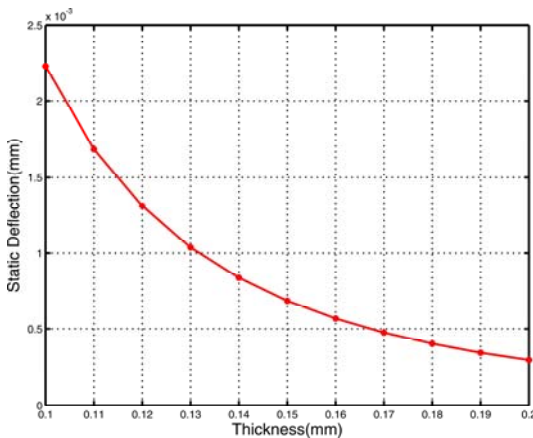


Fig. 2 Static deflection versus spiral spring thickness

Fig. 3는 스프링의 두께가 0.1mm일 때에 스프링이 받는 응력(Stress)의 분포를 보여주고 있다. 응력이 최소한으로 작용하는 부분은 청색으로 나타나고, 응

력을 최대로 받는 부분은 붉은 색을 띤다. Fig. 3에서는 두 개의 동심원이 연결된 연결부(Bridge)가 시작되는 안쪽 부분이 응력을 최대로 받아 피로 파손의 위험이 가장 클 것이라는 것을 알 수 있다.

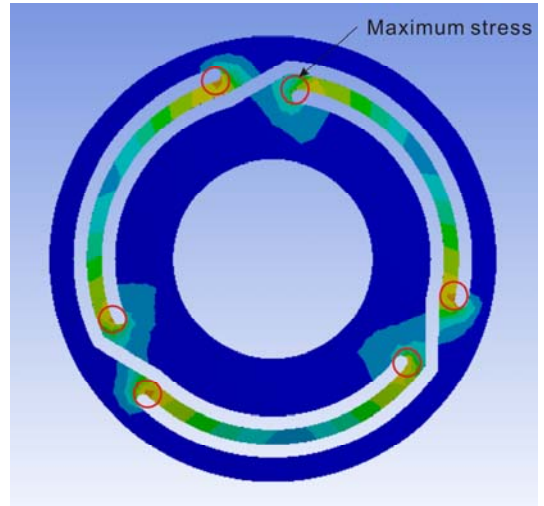


Fig. 3 Stress distribution of the spiral spring

Fig. 2의 각각의 변위들로부터 $F = k \cdot x$ 의 식을 통해서 스프링 두께 별 강성 k 를 구하였고, 고유 진동수 ω 는 이렇게 구한 스프링 강성 k 를 다음 식에 적용하여 계산하였다. 고유 진동수에 대한 결과는 두께의 변화에 따라서 Fig. 4에 나타내었다.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

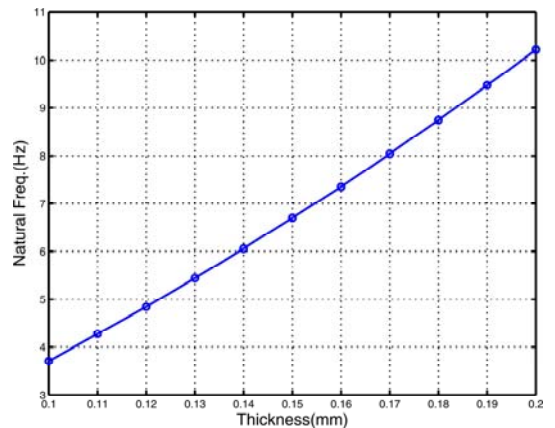
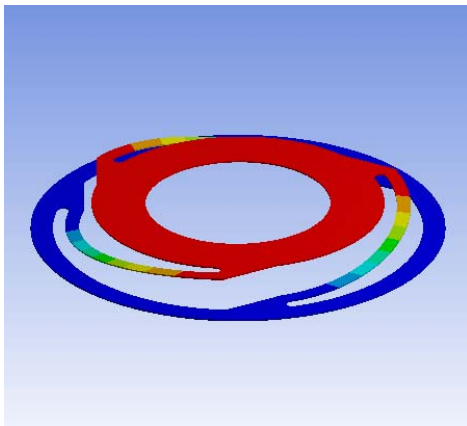


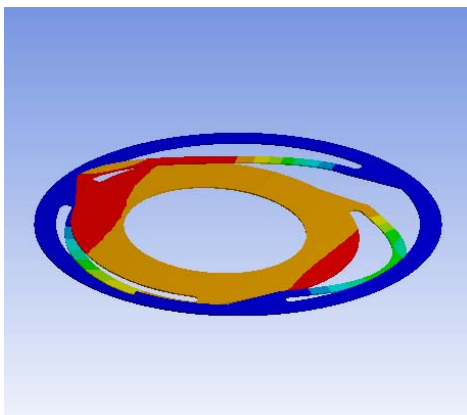
Fig. 4 Natural frequency versus spiral spring thickness

Fig. 4로부터 스프링의 구조 변화를 통해 고유진동수를 바꿀 수 있음을 알 수 있다. 즉, 두께를 증가시키면 강성이 커져 고유진동수가 증가한다는 것을 입증하였다.

Fig. 4의 그래프의 타당성을 검증하기 위해 0.1mm 두께의 스프링의 고유진동 특성을 알아보았다. Fig. 5에서 (a)는 두께가 0.1mm인 스파이럴 스프링의 첫 번째 고유진동 모드를 나타내며, 그 고유진동수는 2.7Hz로 수치 계산 값과 약간의 차이를 보인다. (b)는 고유진동수가 70Hz인 두 번째 고유진동 모드를 보여준다. Fig. 5에 나타난 색상 분포는 변위 차를 나타낸다.



(a) First natural mode of spiral spring



(b) Second natural mode of spiral spring

Fig. 5 Natural modes of spiral spring

3. 결 론

본 연구에서는 발전 설비용 고온 가속도 센서의 동특성과 스파이럴 스프링의 구조에 따른 물성치 변화를 ANSYS 소프트웨어를 이용해 조사하였다. 먼저 상온 조건에서의 스파이럴 스프링의 두께 변화에 따른 강성 변화와 응력분포를 조사하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

스파이럴 스프링의 두께 변화로 인한 가속도계의 기본 진동수는 선형적으로 비례하여 증가한다. 따라서 가속도계를 설계함에 있어 두께 변화를 통해 가속도계의 고유진동수를 조절할 수 있다.

스파이럴 스프링의 정적상태의 응력분포 계산 결과를 통해 외부 연결부의 강성을 증가시켜야 함을 확인하였다.

향후 스파이럴 스프링에 대한 개선안과 고온 조건에서의 동특성 변화에 대한 연구 결과를 발표할 예정이다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술평가원 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) Park, S. O., Yoo, J. H. and Park, N. C., 2009, Dynamic Characteristics Improvement of the Plate Spring in a 2-axis Small Sized Actuator, Journal of Society of Information Storage Systems, Vol. 5, No. 1, pp. 14~18.
- (2) www.logtech.com