

고리형압전진동가속도계에 의한 진동측정의 감도-주파수특성개선

엄성진, 임학철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《인민경제의 자립성과 주체성을 보장하는데서 중핵적인 문제는 원료와 연료, 설비의 국산화를 실현하는것입니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 46페이지)

진동가속도계는 측정되는 물리적량인 가속도를 수감하여 전기적신호로 변환하는 수감부의 한 형태로서 충격보호체계, 공정자동화부문의 감시 및 조종체계, 교통체계, 의료부문, 가정용품과 국방분야를 비롯한 여러 분야에 광범히 리용되고있다.[1, 3]

압전진동가속도계에서 압전요소의 량쪽면에 힘이나 압력이 가해지면 그것에 비례하는 전하가 발생한다.

가속도계의 가장 중요한 특성량은 감도와 동작주파수범위이다. 일반적으로 가속도계에서 감도는 관성질량이 커짐에 따라 증가하며 관성질량의 증가는 1차공진주파수의 감소와 그로 인한 동작주파수범위의 감소를 가져온다.[2]

우리는 고리형압전진동가속도계의 감도와 주파수응답특성사이관계를 리론 및 실험적으로 고찰하였다.

주파수특성과 반경방향대칭모드의 진동을 해석하기 위한 고리형압전사기의 구조모형은 그림 1의 ㄱ)와 같다. 이 모형에서 고리의 두께가 얇고 두께방향으로의 응력성분이 무시되기때문에 우아래면들에서는 응력이 없다고 가정하였다.

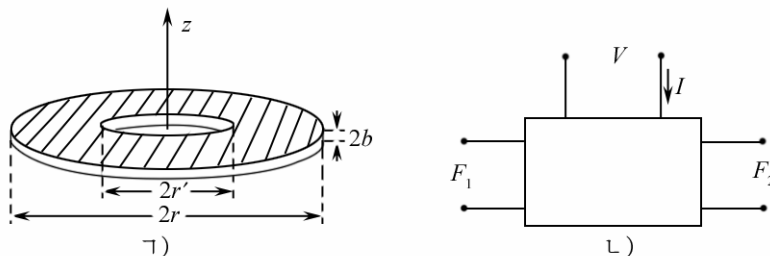


그림 1. 고리형압전사기의 구조모형(ㄱ)과 그 등가회로(ㄴ))

$2r$, $2r'$ 는 고리의 외경과 내경, $2b$ 는 고리의 두께

그림 1의 ㄴ)에서 보는바와 같이 고리형압전사기는 1개의 전기적단자와 2개의 력학적 단자를 가진 등가회로로 도식화할수 있다.[2] 전기적단자에 부하를 련결하고 2개의 력학적 단자에 힘을 가하면 모형은 주파수구역에서 수신전달함수(RTF)로 표시할수 있다.

수신전달함수는 출구전압(V)과 입구력학적힘(F)사이의 비로 정의된다. 체계가 2개의 력학

적포구를 가지기때문에 수신전달함수는 다음과 같이 정의된다.

$$RTF_1 = \frac{V}{F_1} \quad (1)$$

$$RTF_2 = \frac{V}{F_2} \quad (2)$$

여기서 F_1 과 F_2 는 각각 안쪽과 바깥쪽 곡면에 가해진 반경방향대칭힘이다.

출구전압과 입구반경방향대칭가속도사이의 비를 감도로 정의하면 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$S_1 = \frac{V}{a_1} = \frac{V \cdot m}{F_1} = RTF_1 \cdot m \quad (3)$$

$$S_2 = \frac{V}{a_2} = \frac{V \cdot m}{F_2} = RTF_2 \cdot m \quad (4)$$

여기서 m 은 고리의 질량이다.

우리가 제기한 고리형압전진동가속도계의 구조모형은 그림 2와 같다.

압전사기는 두께방향으로 분극되었으며 고리의 구멍에는 판성질량으로 작용하는 금속재료를 채워넣었다.

그림 2에서 보는바와 같이 고리의 반경방향으로 진동가속도를 작용시켜 전기적신호를 얻는다.

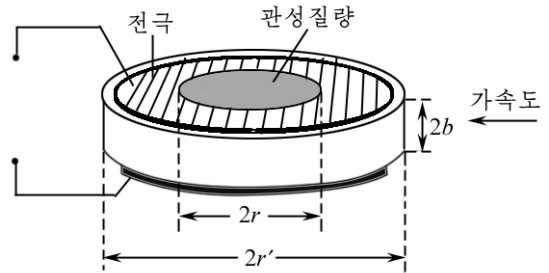


그림 2. 고리형압전진동가속도계의 구조모형
 $2r$, $2r'$, $2b$ 는 그림 1에서와 같음

고리형압전진동가속도계의 감도-주파수 특성분석을 위하여 직경 20mm, 두께 1mm인 원판과 그것과 두께와 외경이 같고 내경이 각각 5, 10, 15mm인 3개의 고리형압전사기에 대하여 주파수에 따르는 감도를 계산하였다.(그림 3) 이때 전기적부하는 $1M\Omega$ 으로, 고리의 내부면은 공기와 접촉되었으며 내부공간은 높은 밀도와 굳기를 가지는 율프람으로 가정[2]하여 계산하였다.

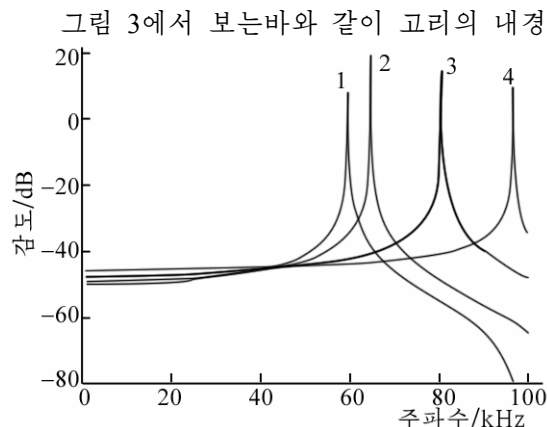


그림 3. 고리형압전진동가속도계의
감도-주파수특성계산결과
1-원판, 2-4는 내경이 각각
5, 10, 15mm인 고리

그림 3에서 보는바와 같이 고리의 내경이 증가할수록 저주파에서의 감도가 증가하며 동작주파수구간이 넓어진다. 이로부터 보다 좋은 감도-주파수특성을 얻기 위하여서는 판성질량을 크게 하여야 한다는것을 알수 있다.

론문에서 제기한 고리형압전진동가속도계의 감도-주파수특성을 실험으로 입증하였다.

내경이 각각 39, 42mm, 외경이 51mm, 두께가 12.8mm인 고리형압전사기를 만들고 율프람분말과 에폭시수지의 복합물을 고리의 내부에 채워넣었다. 이렇게 제작한 수감부의 감도-주파수특성을 주파수발진기(《LSW-115》), 출력증폭기(《Bruel & Kjaer Type 2706》), 진동발생기(《Bruel & Kjaer Type 4809》), 전하증폭기(《YE

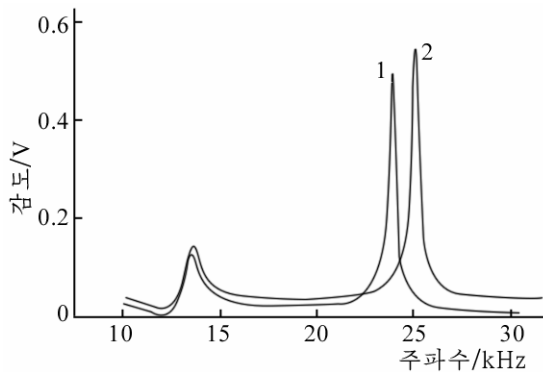


그림 4. 제작한 수감부의 감도—주파수특성
1, 2는 내경이 각각 39, 42mm인 경우

5852)), 출구현시장치(《LBO-115M》)를 리용하여 측정하였다.

제작한 수감부의 감도—주파수특성결과는 그림 4와 같다.

그림 4에서 보는바와 같이 고리형압전사기의 내경이 클수록 즉 판성질량이 클수록 감도와 동작주파수구간이 다같이 증가하였다. 이것은 앞에서 고찰한 이론적모형과 같은 경향성을 가진다. 저주파구역에서의 봉우리는 진동발생기의 진동막의 공진특성으로부터 발생하는 봉우리이다.

맺 는 말

압전진동가속도계의 감도—주파수특성을 개선하기 위하여 고리형압전진동가속도계를 제기하고 이 가속도계의 감도와 주파수응답특성사이 관계를 이론 및 실험적으로 고찰하였다. 계산결과와 실험결과는 고리의 내경이 증가할 때 감도와 동작주파수구간이 증가한다는것을 보여주었다.

참 고 문 헌

- [1] Paul Moses et al.; Appl. Phys. Lett., 96, 013506, 2010.
- [2] A. Iula; Acoustical Imaging, 22, 451, 1996.
- [3] Yun Tao Liu; Microelectronics Journal, 47, 53, 2016.

주체106(2017)년 7월 5일 원고접수

On the Improvement of Sensitivity-Frequency Characteristics of Vibration Detection by Annulus Piezoelectric Vibration Accelerometer

Om Song Jin, Im Hak Chol

We proposed the piezoelectric vibration accelerometer which was able to detect the vibration in any direction on planar. It can increase both of the sensitivity and operating frequency range.

Key words: piezoelectric, accelerometer, vibration measurement