

맥놀이현상을 이용한 구조물 진동 가진

Structure Excitation by using Beating

최영철† · 박진호* · 윤두병*

Young-Chul Choi, Jin-Ho Park and Doo-Byoung Yoon

1. 서론

배관의 두께 예측, 결함탐지 및 물성치 예측을 할 경우 많은 경우 초음파 센서를 이용한다. 하지만, 그림 1의 평판 분산 커브에서 볼 수 있듯이 고주파수로 올라갈수록 많은 모드(mode)들에 의해 복잡하게 중첩이 되기 때문에 신호를 분석함에 있어서 매우 힘든 상황이 된다.

그림 1의 노란색 저주파 영역에서는 A0 파만 존재하기 때문에 이 영역을 이용하면 신호분석이 쉽고, 정확한 결과를 얻을 수 있다.

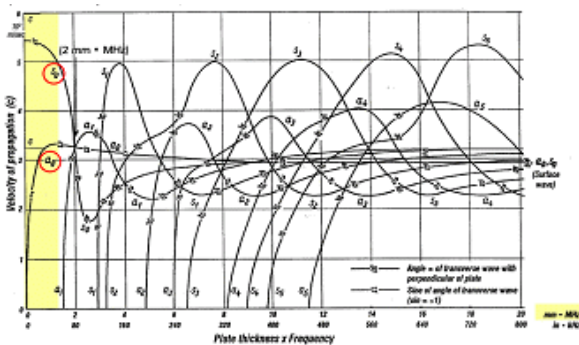


그림 1. 평판에서의 분산 커브

하지만, 저주파용 초음파 센서는 구조 특성상 크기가 크다는 단점이 있다. 따라서 작은 구조물, 예를 들어 평판이나 배관등에서는 적용하기 어렵다. 본 논문에서는 크기가 작은 고주파용 초음파 센서 2개를 이용하여 A0 파만 존재하는 저주파를 가진하는 방법에 대해 제안하고자 한다.

2. 기본 이론

그림 2와 같이 근접한 주파수를 가진 두 개의 사

인파를 동시에 발생시키면 맥놀이(beatting) 현상이 발생한다. 예를 들어 식(1)과 같이 두 개의 사인파(sine wave)를 동시에 발생시켜서 합치면 식(2)와 같이 유도되어 진다.

$$y_1(t) = A \sin(k_1 \cdot x - \omega_1 \cdot t) \quad (1)$$

$$y_2(t) = A \sin(k_2 \cdot x - \omega_2 \cdot t)$$

$$y(t) = y_1(t) + y_2(t)$$

$$= 2A \cos \left[\frac{k_1 - k_2}{2} \cdot x - \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \cdot t \right] \quad (2)$$

$$\cdot \sin \left[\frac{k_1 + k_2}{2} \cdot x - \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \cdot t \right]$$

여기서 k는 파수(wave number), w는 주파수, t는 시간을 나타낸다.

식(2)에서 보여 주듯이 두 개의 사인파가 합치면 중심주파수는 두 주파수의 평균이 되지만, 전체적인 파(wave)의 형상(붉은색 선)은 두 주파수 차이의 반의 주기를 가지고 진동함을 알 수 있다. 즉, 두 개의 사인파의 주파수를 적절히 조절한다면 낮은 주파수로 가진할 수 있음을 알 수 있다.

위 사실로부터 초음파 센서는 수백 kHz의 고주파를 생성하지만, 두 개의 초음파 센서를 이용하여 주파수를 적절히 조절하면 가속도계 영역인 수 kHz의 사인파를 발생시킬 수 있음 암시한다.

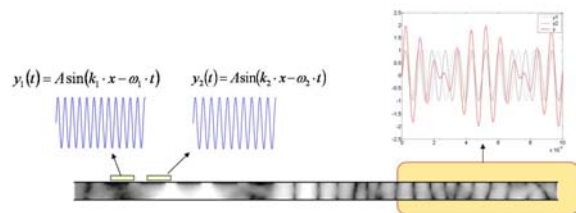


그림 2 맥놀이현상을 이용한 저주파 진동 가진 방법 개념도

† 교신저자; 한국원자력연구원

E-mail : cyc@kaeri.re.kr

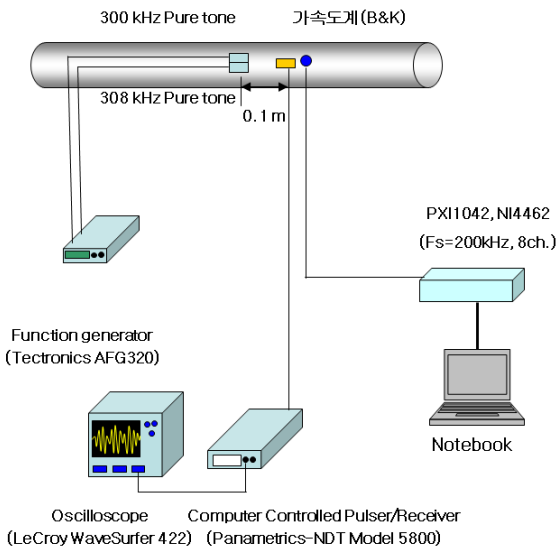
Tel : (042) 868-4870, Fax : (042) 868-8313

* 한국원자력연구원

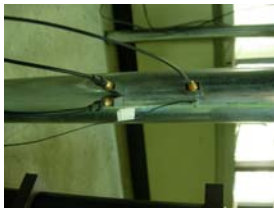
3. 실험

제안된 방법을 검증하기 위해 그림 3 과 같이 배관 실험을 수행하였다. 이때 초음파 센서의 가진 주파수는 각각 300kHz 와 308kHz 이다. 실험 결과를 그림 4 에서 보여주고 있다. 붉은 선은 가속도 신호를 나타내며, 파란선은 초음파 신호를 의미하는데, 평판 실험과 같이 2 개의 고주파수를 가진다면 두 주파수의 차이에 해당하는 8kHz 의 사인파가 가속도계 영역에서 가진 됨을 관찰할 수 있었다.

두 개의 실험을 통해 고주파수를 가진하는 두 개의 초음파 센서를 이용하여 주파수를 적절히 조정한다면, 가속도계 영역의 우리가 원하는 특정한 주파수를 가진할 수 있음을 확인할 수 있었다.



(a)

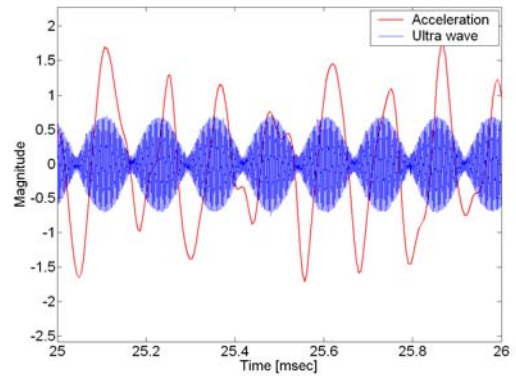


(b)

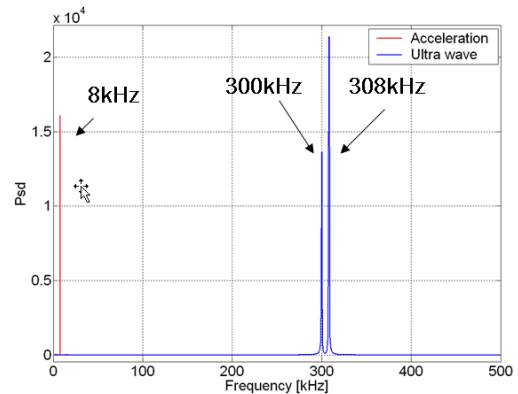


(c)

그림 3 배관에서 초음파센서를 이용한 저주파 가진 검증 실험 장치 구성 (a) 실험장치 개략도, (b) 가속도계 및 초음파 센서, (c) 데이터 측정장비



(a)



(b)

그림 4 배관에서 맥놀이 실험 결과. (a) 초음파 신호 및 가속도 신호, (b) 초음파 및 가속도 신호의 스펙트럼. 여기서 붉은 선은 가속도 신호를 나타내며, 파란선은 초음파 신호를 나타냄.

4. 결론

본 논문에서는 초음파 센서를 사용하여 저주파를 가진하는 방법에 제안하였다. 배관 및 평판 구조물의 결함을 탐지할 때 초음파 센서를 이용하여 모드가 복잡한 고주파 영역을 다루지만, 맥놀이 현상을 이용한다면 저주파까지 가진할 수 있음을 실험을 통해 검증하였다.