

500 kg급 함정용 능동 하이브리드 마운트 개발

Development of 500 kg Class Active Hybrid Mount for Naval Ships

최상민† · 문석준* · 정우진** · 구자용***

S. M. Choi, S. J. Moon, W. J. Jung and J. Y. Koo

1. 서 론

함재에 탑재되고 있는 각종 기계/전자 장비들을 살펴보면, 장비 하부에 다양한 형태의 마운트가 설치되어 있는 것을 알 수 있다. 최근 함정의 생존성과 관련된 연구의 증가와 함께 고정도 stealth화를 추구하는 잠수함 등에서는 보다 향상된 성능을 요구하고 있다. 즉, 외부 충격으로부터 장비를 보호하는 내충격 성능은 기본적으로 확보하고 추가적으로 탑재장비의 특정한 기진주파수에서의 진동 및 소음을 능동적으로 차단할 수 있는 능력을 확보해야 한다. 이러한 요구사항을 만족시키기 위한 노력으로 국방규격을 만족하는 100 kg급 능동 하이브리드 마운트를 개발한 바 있으며, 본 연구에서는 개발한 기술과 경험을 바탕으로 대용량인 500 kg급 능동 하이브리드 마운트를 개발하고자 하였다. 500 kg급 마운트는 내충격성을 확보하기 위해 수동형 고무요소를 기본으로 하고, 넓은 주파수영역에서의 진동차단 성능을 향상시키기 위한 능동형 압전 작동기로 구성되어 있다. 현재 상용화된 고무탄성마운트 제품과 비교하여 최대 20 dB이상의 향상된 진동차단 성능을 제공하는 마운트의 개발을 목표로 하였다. 또한 기존의 탄성마운트 높이의 1.4배를 초과하지 않도록 제한하고, 정격하중(500 kg)에서의 고유진동수가 약 6 Hz가 되도록 설계제한조건을 설정하였다.

2. 개념 설계

100 kg급 마운트는 고무요소와 압전작동기가 직렬연결되어 있는 형태를 보유하고 있다. Fig. 1은 직렬연결 마운트에 대한 모델링 그림을 보여주고 있다. 이러한 형태를 500 kg급 마운트에 적용할 경우 압전 작동기의 용량이 증

가해야 하며, 더불어 높이 제한조건 등 설계제한 조건을 만족하기 어려운 측면이 발생할 수 있다. 따라서 새로운 형태의 관성형 마운트를 개념설계를 하였다. 즉 고무요소 하부에 압전작동기를 설치하고, 압전작동기에 일정 크기의 질량을 연결하는 형태이다. 압전작동기가 작동하면, 연결된 질량의 관성력에 의해 제어력이 발생된다. Fig. 2는 관성형 마운트에 대한 모델링 그림을 보여 주고 있다.

3. 수치 시뮬레이션

Fig. 1과 같이 표현되는 직렬연결 능동 하이브리드 마운트의 운동방정식은 아래와 같이 나타낼 수 있다. 이 마운트는 고무요소와 2개의 압전작동기로 구성되어 있으며, 고무요소와 압전작동기 사이에 중간질량 형태의 기구가 포함되어 있다.

$$m\ddot{x}_1 + c_r \dot{x}_1 + (k_r + 2k_p)x_1 - 2k_p x_2 = 2f_a + c_r \dot{x}_0 + k_r x_0 \quad (1)$$

$$M\ddot{x}_2 + 2k_p x_2 - 2k_p x_1 = -2f_a \quad (2)$$

여기서, M 과 m 은 각각 상부질량과 중간질량을 나타낸다. k_r 과 k_p 는 각각 고무요소와 압전 작동기의 스프링 상수이며, c_r 은 고무요소의 감쇠계수이다. f_a 는 압전작동기에 의해 발생하는 제어력이다.

반면 Fig. 2와 같이 표현되는 관성형 능동 하이브리드 마운트는 고무요소, 1개의 압전작동기 및 관성질량으로 구성되어 있으며, 관성질량은 압전작동기에 직접 연결되어 있다. 운동방정식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$M\ddot{x}_1 - c_r \dot{x}_1 - (k_r + k_p)x_1 + k_p x_2 = -f_a - c_r \dot{x}_0 - k_r x_0 \quad (3)$$

$$m\ddot{x}_2 + k_p x_1 - k_p x_2 = f_a \quad (4)$$

두 개의 다른 형태의 능동 하이브리드 마운트의 제어성능을 수치 시뮬레이션을 통해 평가해 보았으며, 미해군 표준 고무마운트인 6E2000과 전달율을 100 Hz ~ 1,200 Hz 영역에서 비교하였다. 직렬연결 마운트의 경우에는 공간적인 제한으로 인하여 중간질량은 2 kg을 사용하였으며, 상부질량은 500 kg으로 정하였다. 식 (1)과 식 (2)를 바탕으로 수행한 시뮬레이션 결과를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 400 Hz와 900 Hz를 제외한 전 영역에서 전달율이 10 dB ~ 17 dB 정도 향상되었다. 관성형의 경우에는 공간적인 제한을 상대적으로 적게 받기 때문에

† 교신저자 : 한국기계연구원
E-mail : smchoi@kimm.re.kr
Tel: (042) 868-7428, Fax: (042) 868-7418

* 한국기계연구원

** 국방과학연구소

*** 민군겸용기술센터

10 kg의 관성질량을 사용하였으며, 상부질량은 500 kg으로 하였다. 시뮬레이션 결과를 Fig. 4에 나타내었으며, 100 Hz ~ 1,200 Hz 영역에서 전달율이 14 dB ~ 20 dB 정도 향상된 것을 확인할 수 있다. 관성형 마운트에 사용된 압전 작동기는 직렬연결형 마운트에 사용된 압전 작동기보다 작은 용량의 제품을 채택하였다.

4. 제작 및 성능평가

능동 하이브리드 마운트의 수동요소는 기존 마운트와 해석을 통해 형상설계를 하고, 성형을 통해 제작되었다. 압전 작동기는 국산화된 제품이 없어서 독일 Mechatronik사의 스택형태의 작동기를 수입하여 사용하였다. 나머지 관성질량 및 주요 부품들은 직접 제작하여 마운트 단품을 완성하였다. 개발하는 마운트는 해군 함정용 마운트이므로 국방규격에서 요구하는 기준을 만족해야 한다. 미 해군 규정을 보면, 일반적인 마운트에 대한 성능평가 방법을 MIL-M-17185A 규격으로 제공하고 있다. 특히 고무로 대표되는 탄성마운트에 대해서는 별도의 규격(MIL-M-17508F)에 명시되어 있다. 하이브리드 마운트인 경우 어느 규격을 적용해야 하는지가 명확히 규정되어 있지 않다. 다만, 하이브리드 마운트는 표준마운트를 기본으로 개발하기 때문에 MIL-M-17508F를 기준으로 성능시험을 수행하였다. 개발된 마운트는 모든 시험을 통과하였다. 전달율 확인을 위한 제어시험을 수행하였으며, 관심 주파수영역에서 약 10 dB 정도 향상된 결과를 보여 주었다.

5. 결 론

본 연구에서는 외부 충격으로부터 장비를 보호하는 내충격 성능은 기본적으로 확보하고 추가적으로 탑재장비의 특정한 기진주파수에서의 진동 및 소음을 능동적으로 차단할 수 있는 능력을 확보하는 500 kg급 함정용 능동 하이브리드 마운트를 개발하였다. 개발된 마운트는 직렬연결 형태로서 개발된 소형 100 kg급 하이브리드 마운트와 달리 새로운 형태의 관성형 마운트로서 미 해군 규격에 따라 충격시험을 포함한 약 10가지의 성능시험을 수행하여 수동적인 마운트로서의 성능 평가를 만족스럽게 통과하였다. 능동적인 마운트로서의 성능은 현재 상용화된 고무탄성마운트 제품과 비교하여 약 10 dB 이상의 향상된 진동차단 성능을 제공하는 것을 시험을 통해 확인하였다.

후 기

본 논문의 내용은 민군겸용기술사업인 “방진/내충격 능동 하이브리드 마운트 시스템 개발” (과제번호: 05-DU-MC-01)의 연구결과 중 일부입니다.

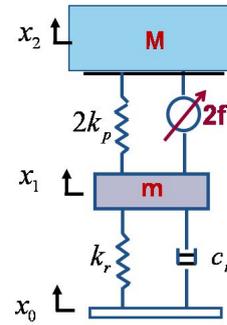


Fig. 1 Modelling for serial-type active hybrid mount

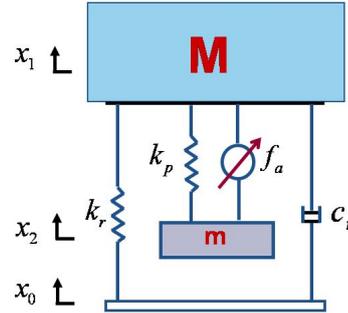


Fig. 2 Modelling for inertia-type active hybrid mount

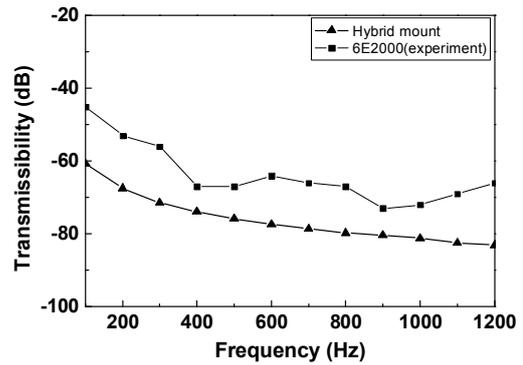


Fig. 3 Transmissibility of active hybrid mount: serial-type

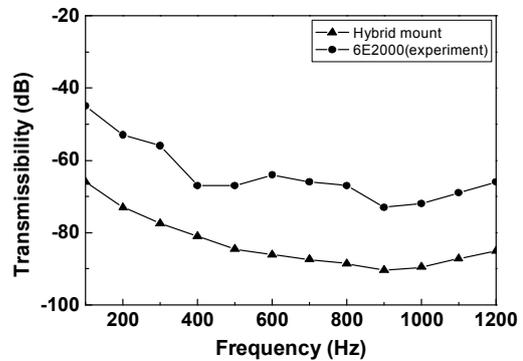


Fig. 4 Transmissibility of active hybrid mount: inertia-type