한국소음진동공학회 2009년 춘계학술대회논문집, pp.369~370

VRS 와 FEM 을 이용한 헬리콥터 탑재 전자장비의 진동응답 분석

Analysis for Vibration Response of a Avionics Component installed in Helicopter using VRS and FEM

이종학* · 임승호* · 박영필* · 박노철* · 박경수† · 김갑동**

Jong-Hak Lee, Seung-ho Lim, Young-Pil Park, No-Cheol Park, Sung-Chul Yang, kap-Dong Kim

1. 서 론

기동중인 헬리콥터는 공기역학적으로 발생하는 랜덤진동과 회전날개의 작동으로 인한 정현파진동이 합쳐져서 발생하여 매우 열악한 환경에 노출된다. 이때 발생하는 진동은 기체내부로 전달되어 헬리콥터운용에 필요한 전자장비를 가진한다. 과거에 이러한 현상을 최소화하기 위하여 진동량을 감쇠시키기 위한 완충기를 전자장비 장착대(Tray)에 적용하여 왔다. 그러나 헬기콥터의 경우 저주파에서 정현파가진이 발생하므로 적절하지 못한 완충기 선정은 오히려 장착대 및 전자장비 샤시의 파손을 발생시킬 수 있다.

이에 따라 진동크기에 따른 CCA 의 정확한 동특성 분석을 활용한 장착대 최적화가 필요하게 되었다.

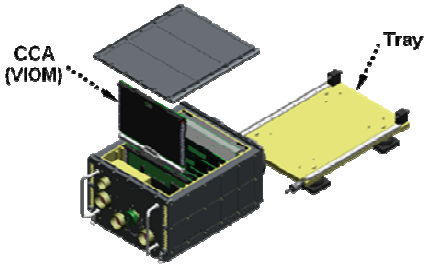

그림 1 임무컴퓨터의 구조

2. 본 론

2.1 Numerical Analysis

(1) 전자부품 진동피로파괴 기준

전자부품의 진동피로파괴에 대한 기준은 많은 경험식들에 의해 산출될 수 있으며 본 연구에서는 "Steinberg"[1]가 제안한 경험식을 사용하였다.

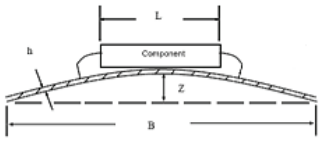

그림 2 전자부품 Schematic Diagram

그림 2 는 PCB 에 조립된 전자부품의 구조이며 3sigma 수준의 허용상대변위에 대한 경험식은 식(1)과 같다.

$$\delta_{Allow} = \frac{0.00022B}{C \cdot h \cdot R \cdot \sqrt{L}}(in) \quad (1)$$

- ***B***: 전자부품에 평행한 PCB 길이(in)
- ***C***: 전자부품 타입 별 상수, - ***h***: PCB 두께(in)
- ***R***: 전자부품 위치상수, - ***L***: 전자부품길이(in)

MC 의 연구대상 CCA 인 VIOM 보드에 적용된 전자부품 중 가장 작은 허용상대변위는 0.59mm 이다.

(2) VRS (Vibration Response Spectrum)

VRS 는 각각의 독립적인 SDOF 시스템들이 공통적으로 베이스가진을 받는다는 가정이 적용되는 시스템에 적용할 수 있다. 이 함수는 입력 데이터로 PSD(Power Spectral Density)을 사용하여 응답 데이터를 Grms(G root-mean-squre)로 출력한다. 임무컴퓨터에 장착되는 CCA 는 그림 3 과 같이 베이스 가진을 받는 1 자유도(SDOF)모델로 단순화 할 수 있다. 식(2)는 상대 변위 이며 식(3)은 상대변위를 적용한 운동방정식이다. 이 운동방정식에 Fourier Transfom 을 적용하면 식(4),(5)와 같은 주파수에 대한 응답함수를 유도할 수 있다. 식(4)는 베이스가진에 대하여 상대변위응답함수이고 식(5)는 절대가속응답함수이다.

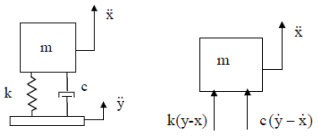

그림 3 Schematic and Free Body Diagram

$$z = x - y \quad (2)$$

† 박경수; 연세대학교 기계공학과
E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460
* 연세대학교 기계공학과
** 국방과학연구소

$$\ddot{z}(t) + 2\xi\omega_n \dot{z}(t) + \omega_n^2 z(t) = -\ddot{y}(t) \quad (3)$$

$$\rho_i = f_i / f_n$$

$$\ddot{x}_{Grms}(f_n, \xi) = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{\left\{1 + (2\xi\rho_i)^2\right\}}{\left[\left\{1 - \rho_i^2\right\}^2 + \left\{2\xi\rho_i\right\}^2\right]^2} y_{PSD}(f_i)\Delta f_i}, \quad (4)$$

$$z_{rms}(f_n, \xi) = \left[386 \frac{in/\sec^2}{G}\right] \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{1/(2\pi f_n)^4}{\left\{\left(1 - \rho_i^2\right)^2 + (2\xi\rho_i)^2\right\}} y_{PSD}(f_i)\Delta f_i} \quad (5)$$

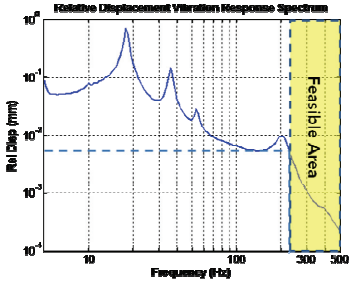

그림 4 Vibration Response Spectrum

이 응답함수들을 이용하여 VRS 를 생성할 수 있으며 시스템의 고유특성(고유진동수, 모드형상)을 알고 있다면 VRS 를 활용하여 대상 시스템의 동적 응답을 예측할 수 있다. MC 장착대에 완충기 미적용의 타당성을 입증하기 위하여 완충기를 사용하지 않은 치구를 이용한 진동 시험 시 측정한 MC 샤시의 최대 진동응답함수를 입력으로 적용하여 CCA 의 VRS 계산하였다. 3sigma 수준의 상대변위 VRS 는 그림 4 와 같다. CCA 의 고유진동수가 약 230 Hz 이상이면 허용상대변위는 0.59mm 미만으로 안전함을 확인 할 수 있다.

2.2 Modeling & Simulation

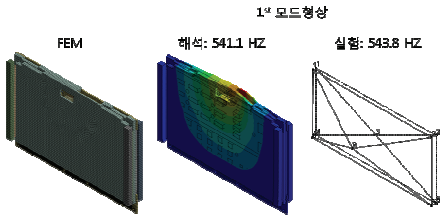

그림 5 모드해석 및 테스트

연구대상 CCA 인 VIOM 의 고유진동수를 예측하기 위하여 상용툴인 ANSYS 를 사용하였으며 결과의 신뢰성을 위하여 모드테스트를 실시하였다. 해석의 정확성을 위하여 고차요소인 solid187 과 shell181 을 적절히 혼합하여 육면체메쉬를 사용하였으며 구속조건은 실제상황과 유사한 단순지지조건을 적용하였다. 그림 5 는 모드해석과 실험결과이다. VIOM 의 모드해석결과 전자부품의 피로파괴를 유발하는 벤딩 모드가 1 차 모드로 543.8Hz 에서 발생함을 알 수 있으며 이는 제한 주파수 230Hz 이상으로 안전영역에 있음을 확인할 수 있다.

2.3 Test

VIOM 상대변위예측에 사용한 VRS 의 적합성을 판단하기 위해 10~1000Hz, 0.001g^2/Hz 랜덤신호를 적용하여 VIOM 의 진동응답을 측정한 시험결과와 비교하였으며 데이터는 절대가속응답을 사용하였다. VRS 에서는 1sigma 기준으로 3.78Grms 가 계산되었으며 실험데이터는 4.04Grms 가 측정되었다. 약 6%의 오차로 VRS 의 타당성을 입증할 수 있다.

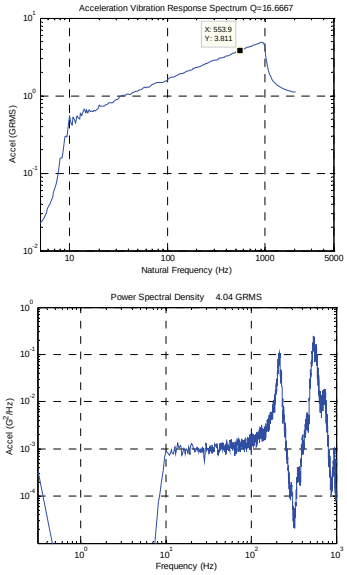

그림 6. VRS 및 진동응답측정결과 비교

3. 결 론

장착대와 CCA 의 동특성 최적화를 위하여 본 연구에서는 VRS(Vibration Response Spectrum)와 FEM(Finite Element Model)을 이용하여 가진에 따른 CCA 의 상대변위를 예측하여 CCA 설계 시 필요한 고유진동 수 가능영역(Feasible Area)을 도출하였으며 완충기를 제거함으로 부피 20%이상을 절감할 수 있었다.

후 기

본 연구는 LIG 넥스원, 기계연구센터, 연세대학교, CISD 와의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 분들께 감사드립니다.

참고문헌

[1] Steinberg, D.s., "Vibration analysis for electronic equipment", John Wiley & Sons inc, 2000