한국소음진동공학회지 제 6 권 제 4 호, pp. 493~497, 1996.

〈論 文〉

유한요소해석을 활용한 전자관(CRT)의 마이크로포닉 현상 개선에 관한 연구

Reduction of Microphonic Phenomenon in Cathode Ray Tube(CRT) by Finite Element Analysis

김성대* · 서장원** · 김석관* · 정봉교***
Sung-Dae Kim, Jang-Weon Seo, Seog-Gwan Kim and Bong-Kyo Jeong

(1996년 5월 10일 접수 ; 1996년 6월 14일 심사완료)

Key Words : Microphonic Phenomenon(마이크로포닉 현상), CRT(전자관), Finite Element Method(유한요소법), Modal Analysis(모드해석)

ABSTRACT

TVs or computer monitors with speakers often have a phenomenon called microphonic which shows fringe-like dark pattern on their screens. The major source of this phenomenon is vibration of the shadow mask inside of the Cathode Ray Tube(CRT) which is caused by the sound generated from the speakers[1]. Reducing phenomenon microphonic by modifying the structure of the shadow mask frame in CRT has been examined in this study. A 15″ for computer monitor were chosen. Using finite element analysis for vibration and impact, shape of the shadow mask frame was found to reduce microphonic phenomenon. Improved 15″ monitors showed good results.

1. 서 론

마이크로포닉 현상이란 PC 모니터나 TV에서 외부진동으로 인해 발생하는 화면 떨림 현상으로 검은 얼룩무늬가 물결처럼 생기는 현상을 지칭한다. 이 현상은 대부분 모니터나 TV에 부착되어 있는 스피커에서의 음향에너지로 인해 CRT(cathod ray tube, 전자관) 내부의 새도우마스크(shadow mask)에 진동이 발생하여 일어난다. 특히 요즈음 PC의 경우 Multi-Media기능을 강조하는 추세로 스피커 일체형 모니터가 요구되고 있어 마이크로포닉 현상은 제품의 중요한 성능으로 평가되게 되었다.

물론 마이크로포닉 현상을 감소시키는 방법으로 스피커부착부분에 대한 방진을 연구하는 것도 한 방안이겠지만 이 경우 CRT가 조립되는 모니터 캐비넷 형태에 따라 방진방법을 달리 해야하는 경우가 발생할 수 있으므로 본 연구에서는 CRT 자체를 개선하여 어떤 형태의 모니터에 장착하여도 마이크로포닉 현상이 최소화되는 CRT를 개발하는 것이 목적이다.

본 연구에서는 15″ CRT를 대상으로 하였으며 마이크로포닉 현상의 원인을 규명하기 위해 주파수특성과 CRT에 대한 모드특성을 비교분석하여 새도우마스크의 진동으로 인한 현상임을 규명하였으며, 진동전달 메카니즘도 파악하였다. 마이크로포닉 현상에서 중요인자로 판명된 새도우마스크, 스프링, 프레임에 대한 유한요소해석 모델을 구현하였으며 이를 이용하여 프레임과 스프링에 대하여 진동전달을 감소시킬 수 있는 형상으로 변경하여 마이크로포닉 현상을 개선하였다.

처음 시도한 15″ CRT에 대한 연구과정에서 마이크로포닉 개선을 위해 도출된 형상이 때론 충격특성이나 doming특성을 나쁘게 하는 경우도 있었으므로

*정회원, LG 생산기술원
**LG 생산기술원
***LG전자 전자관설계실

이를 고려하여 최종적인 적용방안을 도출하였다.

2. 본 론

2.1 현상

정상적인 화면재생의 경우 전자총에서 발사된 전자광선이 편향코일(DY)부분을 지나 정확히 새도우마스크의 구멍을 통과한 후 원하는 색상의 형광물질에 충돌하여야 색상을 정상적으로 재생하는데 외부에서 진동이 전달될 경우 새도우마스크에 진동이 발생하게 되어 전자광선이 형광물질에 정상적으로 충돌하지 못하는 경우가 발생하는데 이때 마이크로포닉 현상이 발생하게 된다.

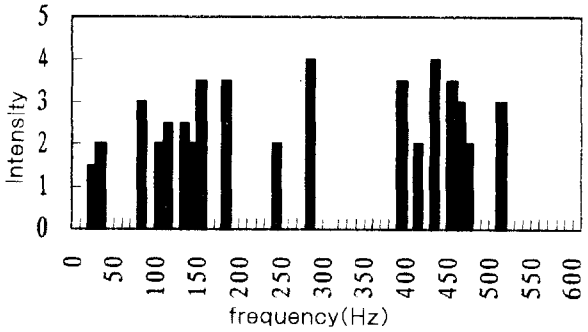
마이크로포닉 현상은 모니터나 TV의 캐비넷과는 달리 CRT의 글라스부분은 스피커나 외부로부터의 진동을 전달할 뿐 이들 모드특성과는 직접적인 관계가 없는 것으로 알려져 있다[1]. 그러므로 본 연구에서는 외부의 진동이 새도우마스크까지 전달되는 경로상에 있는 주요부품인 글라스, 스프링, 프레임, 새도우마스크의 조립상태의 진동특성을 Fig. 1처럼 실험적으로 평가하였다[2].

여기에서 추출된 전달함수의 경향이 새도우마스크상의 대부분의 점에서 실제 마이크로포닉 현상과 대체로 유사하게 나타났다. Fig. 2는 그 중 한 점에서의 전달함수와 실제 마이크로포닉 현상을 비교한 것이다. 이 결과를 토대로 보면 이들 조립상태의 진동특성이 마이크로포닉 현상을 좌우하는 요인임을 알 수 있다.

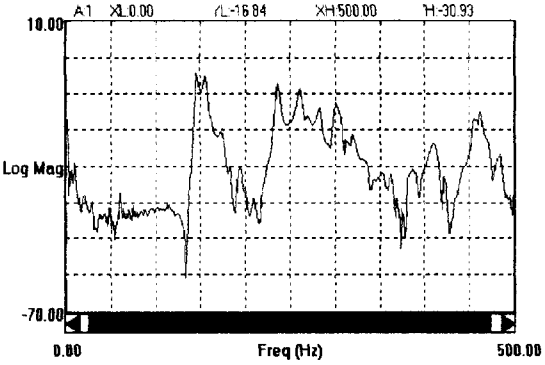
그래서 본 연구에서는 이들만으로 구성된 유한요소해석모델을 구현하였으며 이를 이용하여 개선방안을 도출하였다.

2.2 해석 및 개선안 도출

전절에서 기술된 현상을 바탕으로 이들에 대한 대략적인 진동특성을 파악하기 위해 Fig. 3과 같이 3자유도 모델로 간략화시켜 보았다. 이들의 물성치는 각 부품들에 대한 첫번째 모드를 기준으로 설정하였다. 새도우마스크는 개선대상에서 제외시켰기 때문에 질량으로만 모델링하였다. 현상과 마찬가지로 글라스부분에 가진을 하고 마스크의 진동을 평가하는 방법으로 하였다. Fig. 4는 이들의 결과를 나타낸 것이다. 이 시스템에서의 K와 C는 2단계의 증감으로만 설정하고 주파수대역은 마이크로포닉 현상이 심



(a) Microphonic phenomenon



(b) Transmissibility of shadow mask

Fig. 2 Microphonic phenomenon and shadow mask vibration transmissibility

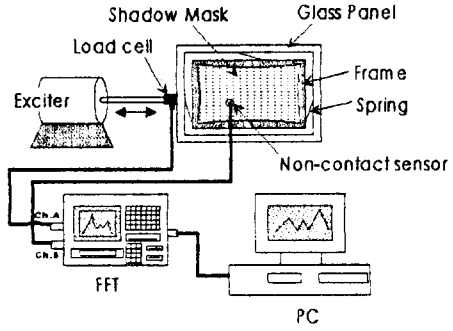
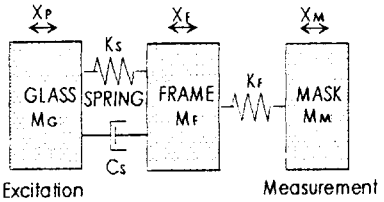


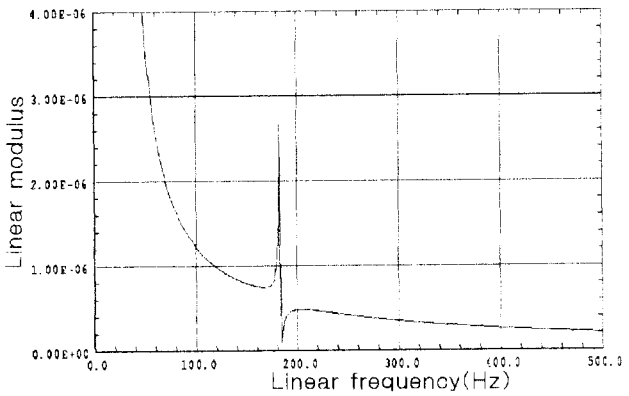
Fig. 1 Experimental set-up for modal analysis



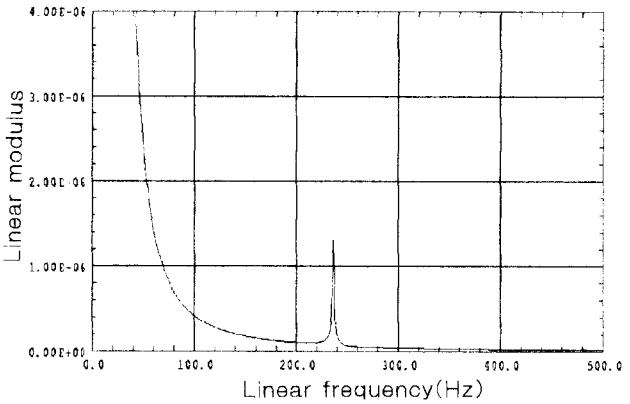
Ks : spring coeff. of the spring
Cs : damping caused by the friction between the spring and connector pin on the glass
KF : spring coeff. of the frame

Fig. 3 Simplified 3DOF model

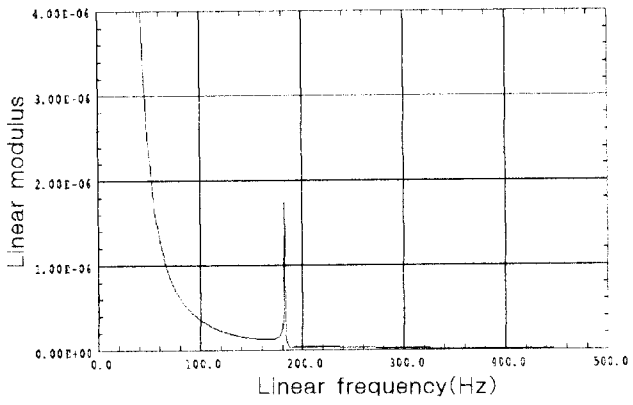
하게 나타나는 100 Hz에서 500 Hz까지를 중점적으로 평가하였다. 평가결과는 Fig. 4에 나타내었는데 기존의 결과와 비교하여 볼때 먼저 스프링의 경우는 강성과 댐핑을 감소시키고, 프레임의 경우는 강성을 높이는 것이 새도우마스크에서의 진동전달률을 감소시킬 수 있는 개선방향임을 알 수 있었다.



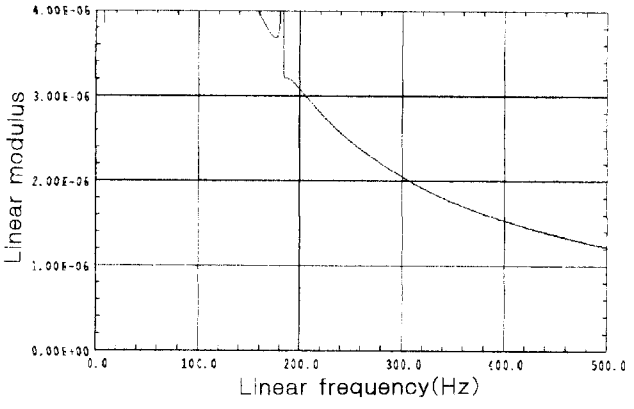
(a) For the original CRT



(b) Effect of the increase of the strength of the frame



(c) Effect of reduced damping of the spring



(d) Effect of the increase of the strength of the spring

Fig. 4 Vibration transmissibility of the simplified model

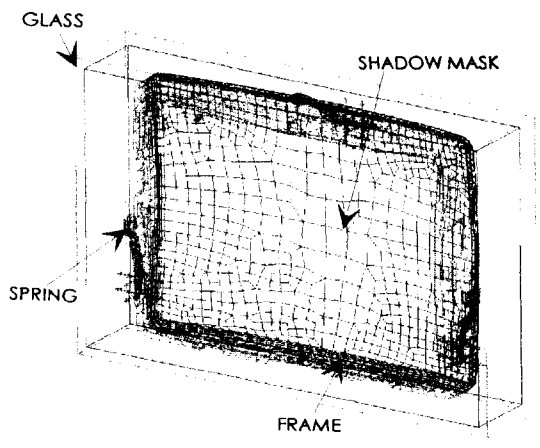


Fig. 5 Finite element model

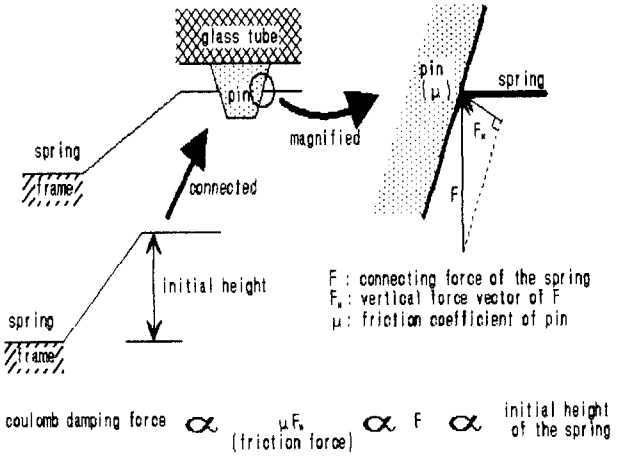


Fig. 6 Effect of spring height on damping

간략화모델에서의 결과를 검증하고 또한 구체적인 개선형상을 도출하기 위해 SDRC사의 I-DEAS를 이용하여 Fig. 5와 같이 유한요소해석모델을 구현하였다[3]. 그리고 이를 이용하여 부품들의 형상이나 특성변화에 대한 전달함수변화를 분석하여 개선결과를 도출하였다.

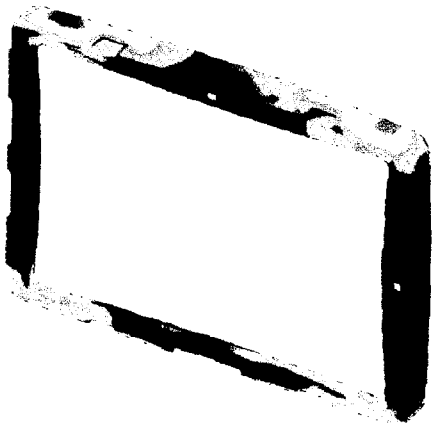
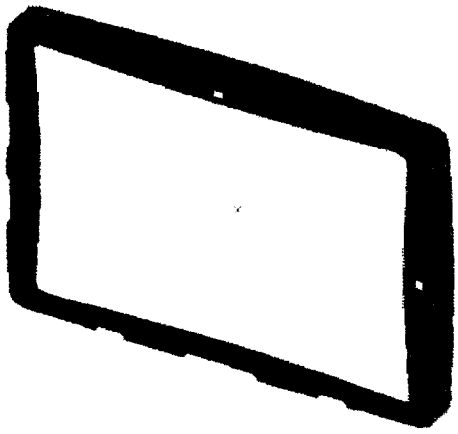
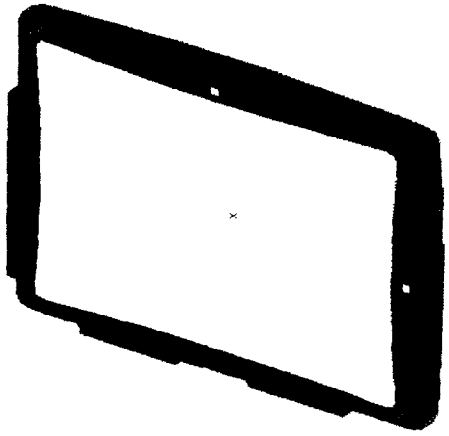


Fig. 7 Strain energy distribution in shadow mask frame



(a) Before modification

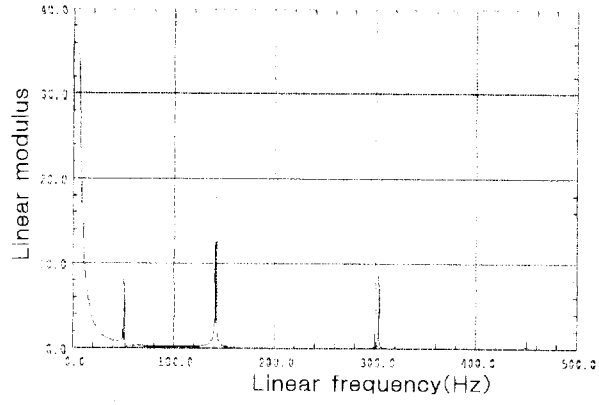


(b) After modification

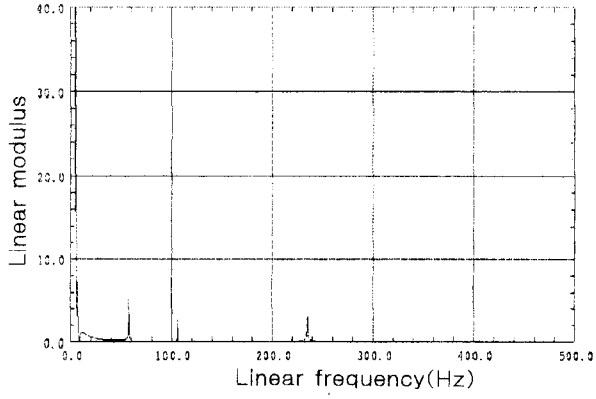
Fig. 8 Shape of the frame

먼저 스프링의 경우는 개략모델에서 스프링의 강성이 낮은 것이 유리하다는 결과를 나타냈기 때문에 두께를 줄이는 방안을 택하였다. 그러나 이 경우 해석과 실험 모두에서 만족한 결과를 나타내었으나 모니터의 낙하충격실험에서 문제가 발생하였다. 이를 보완하기 위해 스프링의 두께는 기존의 두께로 하고 형상 변경을 통한 개선시도를 하였다. 그러나 여기에서도 doming이라는 CRT의 특성을 만족시키지 못해 스프링의 두께나 형상의 개선은 적용하지 못하였다. 이와 같이 개선방안을 도출할 때에는 CRT의 다른 특성을 함께 고려해야하기 때문에 현재 본 논문의 내용에는 표함시키지 않았지만 이들과의 연계연구도 수행중이다.

그러므로 스프링의 개선방법으로 댐핑을 감소시키

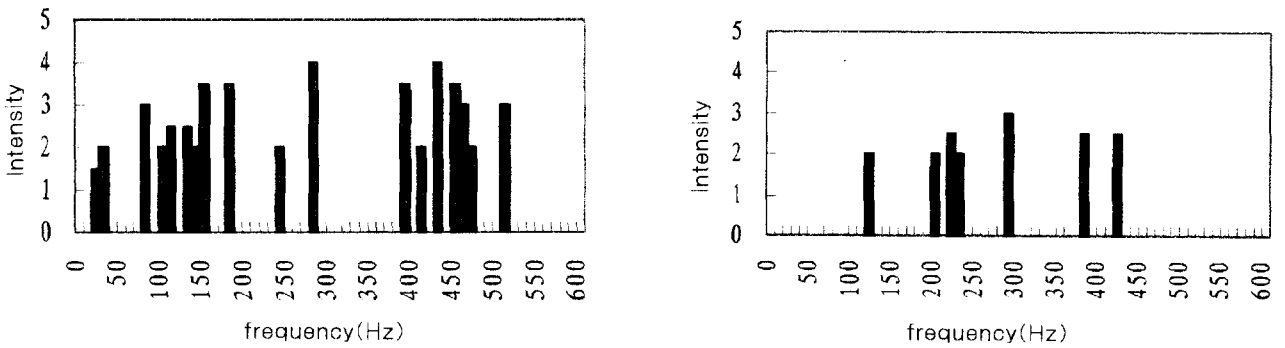


(a) Before modification



(b) After modification

Fig. 9 Change in vibration transmissibility of shadow mask frame



(a) Before modification (b) After modification

Fig. 10 Reduction of microphonic phenomenon

는 방법을 택하였다. 스프링의 댐핑은 Fig. 6과 같이 글라스의 stud pin과 스프링의 hole과의 마찰로 인한 쿨롱댐핑을 생각할 수 있다[4]. 또한 이 쿨롱댐핑은 궁극적으로 스프링이 글라스와 결합되는 힘, 즉 결합력과 비례함을 알 수 있다.

스프링의 결합력은 Fig. 6에서 알 수 있듯이 굽힘각도, 즉 결합전의 초기높이에 비례함을 알 수 있다. 그래서 스프링에서의 개선방안으로 초기높이를 낮추는 방법을 택하였으며 이를 제작하여 마이크로포닉 현상을 측정해 본 결과 크게 개선됨을 확인하였다. 이는 프레임의 변형없는 첫번째 모드(강체모드)가 50~60 Hz 근처이고 관심주파수는 100~500 Hz 근처이므로 이런 결과가 나타난 것이다.

그리고 프레임의 경우는 강성을 보강하는 형상을 도출하였다. 본 프로젝트에서는 프레임에 대한 강성보강을 위해 두께를 증가시키는 방법은 원가에 직접적인 영향을 주기 때문에 두께는 변경없이 형상을 바꾸는 방법으로 수행해야 한다.

프레임의 대부분의 모드에서의 스트레인 에너지분포가 Fig. 7에서와 유사한 형태로 코너부위에 집중되어있었기 때문에 이 부분을 보강하기 위해 비드를 이용하였다. 구체적인 변경전후의 형상은 Fig. 8에 나타냈으며 이때의 고유진동수는 전체적으로 20% 이상 증가하였다. 이때의 전달함수 변화는 Fig. 9에서와 같이 대략 80% 정도 감소함을 알 수 있다.

결과적으로 15″ CRT에 대해 본 연구에서 도출한 적용가능한 개선방법으로는 스프링의 결합력저감과 프레임의 강성보강 형상이다. 이 개선안을 적용하였을 때의 마이크로포닉 현상 개선은 Fig. 10에서 나타내었는데 전체적으로 주파수대역이나 정도가 크게 개선됨을 알 수 있다. 개선된 LG-15″ CRT는 현재 생산판매되고 있다.

3. 결 론

마이크로포닉 현상 CRT내부에 있는 글라스, 프레임, 스프링 그리고 새도우마스크의 조립상태의 진동현상이 좌우하고 있었으며 이에 대한 개선방안은 유한요소법을 포함한 해석적인 방법으로 도출할 수 있었다. 결과 마이크로포닉 현상은 크게 감소하였다.

참 고 문 헌

(1) Sung, K. et. al., 1995, "A Study on the TV Microphonic Phenomenon," Journal of Korean Society of Noise and Vibration Engineering, Vol. 5, No. 1, pp. 123~132.

(2) Zaveri, K. and Phil, M., 1985, "Modal Analysis of Large Structure-Multiple Exciter System," B & K.

(3) I-DEAS System Dynamics Users' Guide, SDRC, 1993.

(4) Francis, S. Tse, Ivan E. Morse, 1978, "Mechanical Vibration," Allyn and Bacon, INC., pp. 122~126, pp. 94~97.