

LCD TV 인버터 소음 및 진동 특성의 실험적 연구

An Experimental Study on the Noise and Vibration Characteristics of LCD TV Inverter

유 충 준*

Chung-Jun You

(2008년 7월 22일 접수 ; 2008년 9월 2일 심사완료)

Key Words : Inverter Board(인버터 보드), Transformer(트랜스포머), Dimming Frequency(디밍 주파수), Switching Frequency(스위칭 주파수), MA(modal analysis, 모드분석)

ABSTRACT

There is a noticeable hum from the inverter board of LCD TV when in operation. In this study, we investigate the source and the characteristics of this noise for the inverter board of LCD TV using measurement of vibration and noise. Modal analysis of vibration and noise is visualized for identification of noise sources and transmission vibration. The main source of noise was the transformer of the LCD TV inverter. A noise reduction was achieved by damping the structural elements.

1. 서 론

현대 사회에서 디스플레이는 인류의 문명을 주도 해온 큰 산업기술의 하나이다. 20세기의 대부분에서는 브라운관이 그 기술의 한가운데 서 있었으나 1990년대 이후에는 평판 디스플레이가 그 기술 흐름을 주도해 나가기 시작했다. 현재 상품화되어 나오고 있는 평판 디스플레이는 LCD, PDP, OLED 등이 있으나, 아직까지는 단연 LCD가 확고한 시장을 확보하고 있으며, 계속 응용 시장을 넓혀가고 있다. 10.4" 크기의 화면을 갖는 Notebook PC가 출현한 지 얼마 지나지 않아 우리의 책상 앞에는 15"~20" 크기의 화면을 가지는 LCD 모니터들이 놓여 있다. 그리고 거실에는 어느덧 40" 크기의 화면을 갖는 LCD-TV가 놓여 있으며 공항이나 전시장에는 46" 이상의 TFT-LCD들이 도처에 놓여 있는 시대가 되었다. 오늘날 화면을 키우는 기술의 발전으로 LCD-

TV의 대형화를 가져왔으나, 반면에 인버터 회로 보드의 전기, 전자적인 요소 및 특성에 의해 발생하는 미세한 소음 발생으로 인한 소비자의 신경 거슬림 문제가 크게 부각되고 있다.

이러한 소음 현상을 저감하기 위해 많은 연구가 학계와 산업체에서 추진되어 왔으며, 일부 소음 감소 효과를 보고 있다. 최수용은⁽¹⁾ PDP 모듈의 소음 저감을 목적으로 소음원 분석과 개선 적용 시험을 통하여 구조적 및 전기적으로 최적화를 수행하였으며, 이로써 구조물에 의한 소음 방사의 특성 파악뿐만 아니라 전기적인 특성이 기계적인 소음에 직접적인 영향을 주는 것을 확인하였다. 이주엽은⁽²⁾ 실험실 내에서 TV음원을 대상으로 청감 실험을 통한 소음 평가에 대한 실험적 연구로부터 소음 레벨과 주파수 변조에 따른 표현 어휘의 상관관계를 분석하였다. 최근에는 류지열이⁽³⁾ 모바일 TFT LCD 모듈에서 발생하는 가청잡음을 줄이기 위하여 가청잡음의 주요 원인을 밝혔다. 또 한 현장에서는 LCD TV용 인버터 트랜스포머의 중족에 유동성, 점착성을 갖는 실리콘계열 그리스 도포를 적용하여 일정 주파수 영역

* 교신저자: 정회원, 경기대학교 기계시스템 공학부
E-mail : chungjun@kyonggi.ac.kr
Tel : (031)249-9816, Fax : (031)249-9816

에서 소음 개선 효과를 보아왔다. 그림에도 불구하고 LCD TV 인버터에서 소음이 발생하고 있으며 LCD TV 인버터 소음에 대한 정밀 분석이 필요하다. 즉, 각 주파수 대역에서의 소음 및 진동 원인을 분석하고 이에 따른 소음 및 진동 저감 대책을 세울 필요성이 있다.

이를 위해 이 논문에서는 보다 효과적인 소음 진동 저감을 위해 다각적인 분석 연구를 통하여 각종 실험 및 시뮬레이션 데이터 확보와 소음 저감 방법을 제시하는 것을 그 목표로 하며, LCD 모니터 소음의 발생 원인을 실험적으로 규명하는 데 그 목적이 있다.

2. LCD TV용 인버터 구조물 개요

2.1 인버터의 작동 원리

LCD TV용 인버터 구조물의 주요 시스템은 전원 장치와 백라이트 인버터 회로이며, 전원장치는 2단 시스템으로 구성되어 있는데, 하모닉스 규제를 회피하기 위해 입력 역률 개선을 위한 AC/DC 부스트 컨버터가 전단에 설치되어 있고, 이로부터 DC/DC 컨버터에 의해 인버터 구동용 전원, 각종 신호처리를 위한 전원, 자체 제어기 구동용 전원, 대기전원 등 많은 전원을 생성시킨다. 인버터는 CCFL을 구동하기 위한 구동시스템으로서 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 전력증폭기, 램프에 인가되는 전압을 높여주기

위한 트랜스포머 및 램프의 전류를 제어하기 위한 제어칩(control IC)으로 구성되어 있다.

작동은 인버터에 전원(24V)이 들어가고 On/Off 점등회로에 신호가 들어가면 제어 IC가 스위칭 회로(60 kHz)를 동작시켜서 승압 트랜스를 거쳐 고압의 사인파로 승압이 되어 램프를 점등한다. 화면밝기는 PWM-디밍 회로가 동작하여 조정 가능하게 해준다. 전압/전류 감지회로를 통해 제어 IC에서 램프가 항상 일정하게 점등 상태를 유지하도록 하며, 이상 발생 시는 보호회로가 작동하여 인버터 회로 시스템을 보호해 준다.

2.2 인버터 구조물의 소음원

인버터 구조물에서 발생하는 소음의 주원인은 일반적으로 형광램프에 전원을 공급하는 승압 트랜스

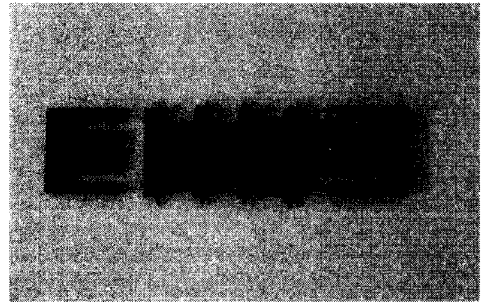


Fig. 2 Structure and form of transformer at LCD TV

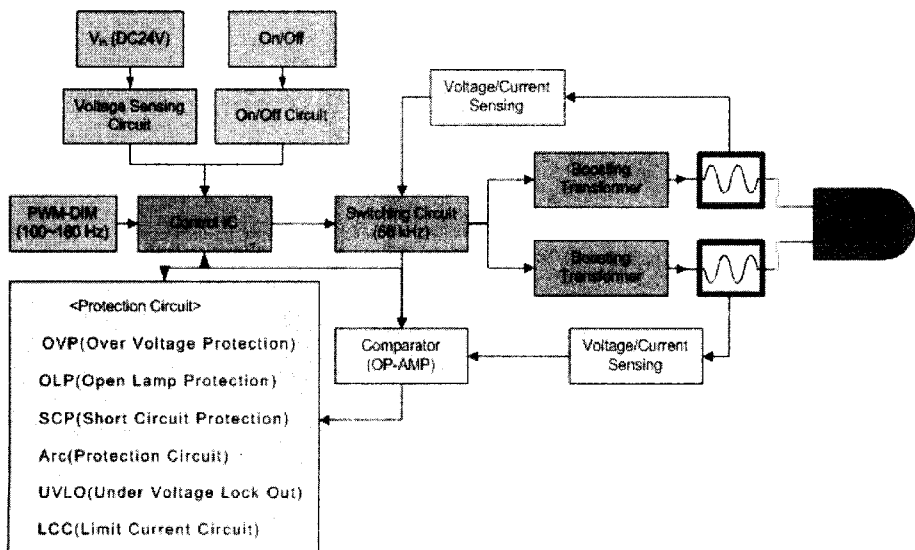


Fig. 1 Inverter's block diagram for LCD TV

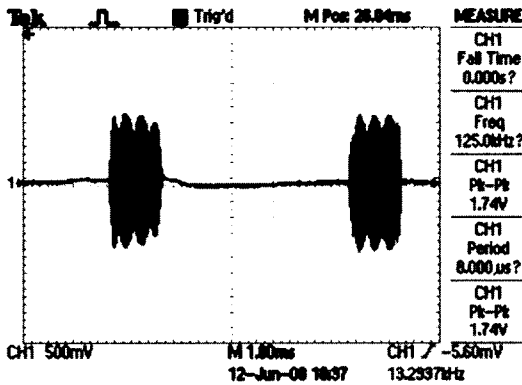
포머에 있다고 본다. 현재 사용되고 있는 트랜스포머는 Fig. 2와 같이 기본적으로 코어와 슬레노이드로 구성되는데 인버터의 승압 트랜스포머 소음의 발생 메커니즘은 근본적으로 변압기 및 모터소음과 같다.

변압기와 모터에서의 가진원은 전자기력(electromagnetic force)이며, 자왜(MS: magnetostriction) 현상을 야기하여 Barkhausen noise를 발생한다. 일반 변압기에서는 저주파인 가진주파수의 하모닉스 성분에서 강한 피크를 보이며, 매우 귀에 거슬리고 불쾌감을 초래한다. 그런데 LCD-TV용 인버터 구조물 중 트랜스포머는 고주파(60 kHz)의 스위칭 주파수로 작동되며, 김현실⁽⁴⁾에 의하면 스위칭 주파수가 고주파일수록 인버터에서 발생되는 소음의 크기는

작아지는 특징이 있기 때문에 LCD-TV내 인버터 구조물의 트랜스포머에서 발생하는 소음은 60 kHz에 달하는 스위칭 주파수의 영향을 거의 받지 않는다. 반면에 LCD-TV용 인버터에서는 화면 밝기 조절을 위하여 디밍 주파수(100~180 Hz) 즉, Fig. 3과 같은 주기로 전원이 트랜스포머로 공급 및 차단하게 되는데, 인버터 구조물의 소음 및 진동 측정에 의하면 디밍 주파수의 특정 하모닉스 성분에서 진동 및 소음이 발생한다. 따라서 소음은 디밍에 의한 전자장치의 영향을 받으며, 디밍이 소음의 원인이 된다고 볼 수 있다.

3. LCD TV용 인버터 구조물의 소음 및 진동 측정 및 분석

LCD-TV용 인버터 구조물에서 발생하는 소음은 디밍 시 트랜스포머에서 발생하는 자속의 영향으로 탄성체인 코어와 슬레노이드 코일이 전자기력을 받아 진동하는 현상에 기인하거나, 또는 자성체의 운동이 야기되어 발생하는 것으로 추정된다. 또한 LCD-TV용 인버터 보드의 디자인 형태와 지지, 그곳에 부착되어 있는 트랜스포머와의 연계, 구조물간의 기계적 및 공간 배치에 따라 구조물의 동특성이 달라지는데, 이러한 구조물의 동특성에 따라 다양한 진동 및 소음의 공진현상이 발생 될 수 있다. 따라서 LCD TV용 인버터 구조물의 동특성을 실험적으



TDS 2012B - 오후 7:33:55 2008-06-12

Fig. 3 Dimming signal

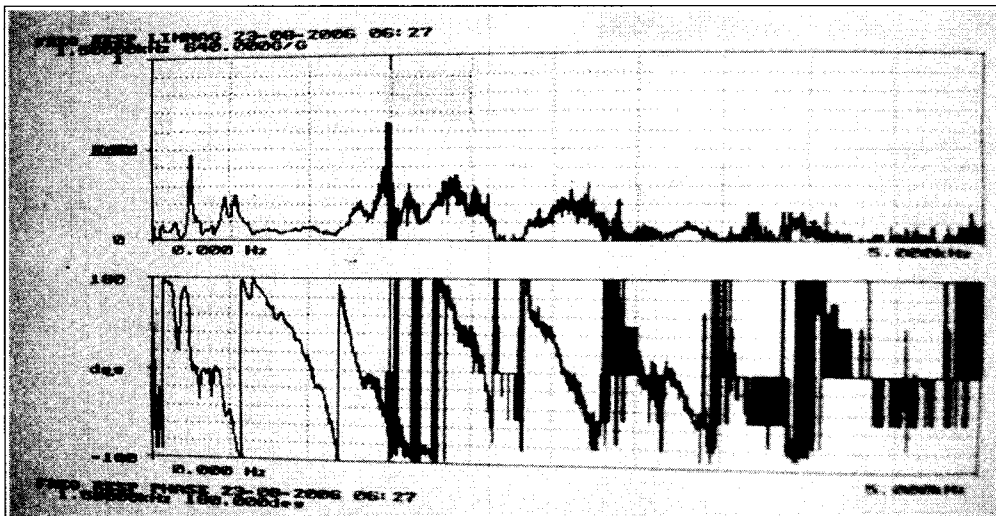


Fig. 4 Spectrum from modal analyse at inverter board

로 분석할 필요성이 있다.

Fig. 4에서는 LCD-TV 인버터 회로 보드의 비 구속조건하에서 수행한 모드분석 시 측정된 스펙트럼

을 보여 주고 있다. 이 스펙트럼으로부터 241 Hz, 509 Hz, 1.5 kHz, 1.9 kHz 및 2.6 kHz 등에서 인버터 회로 보드의 고유진동수를 읽을 수 있다.

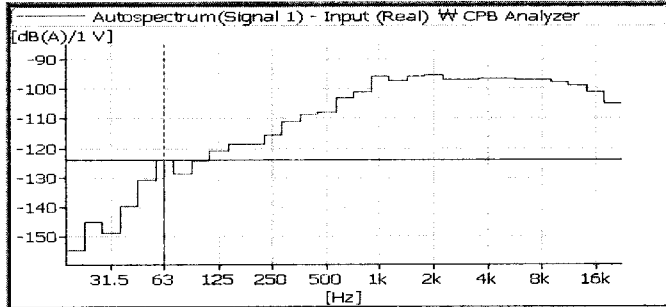
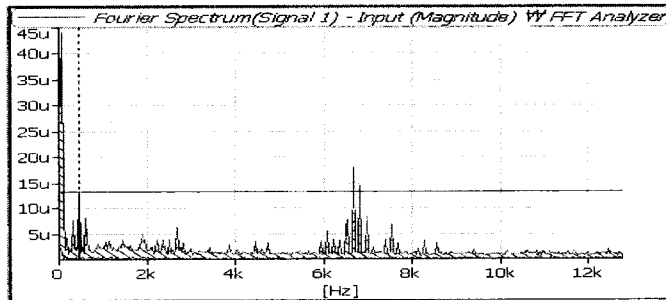
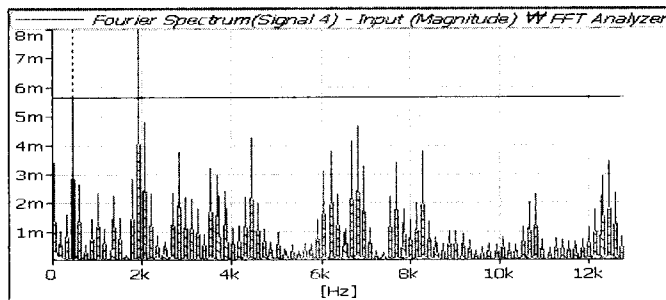


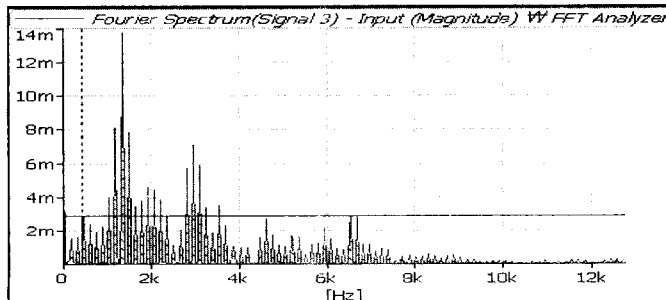
Fig. 5 Noise spectrum at transformer



(a) Vibration spectrum at solenoid

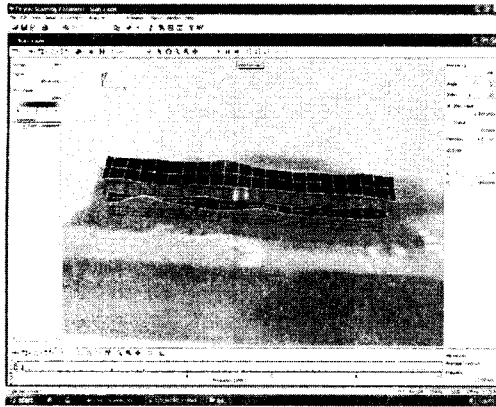


(b) Vibration spectrum at core

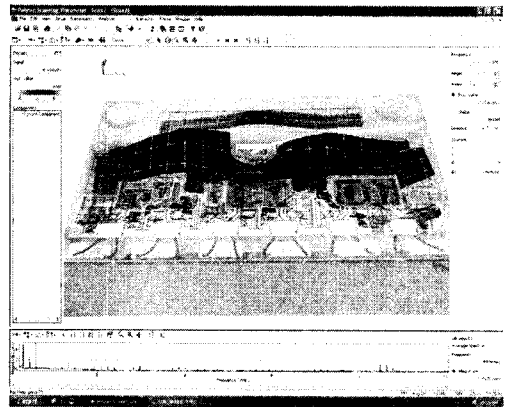


(c) Vibration spectrum at inverter board

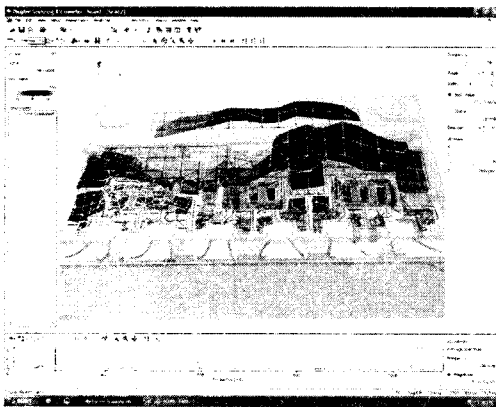
Fig. 6 Vibration spectrum at inverter



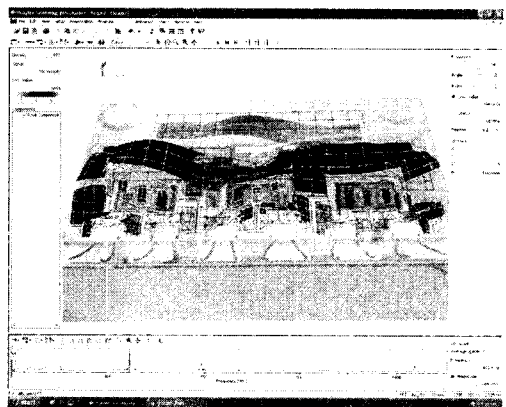
(a) 118 Hz



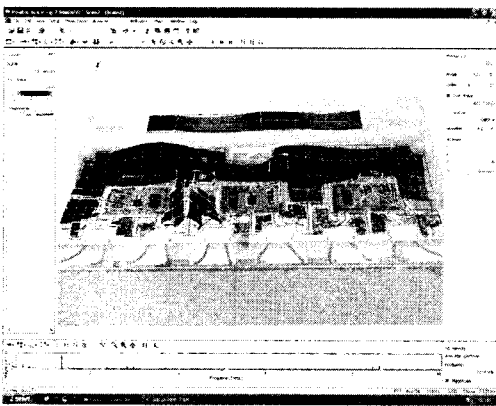
(d) 1334 Hz



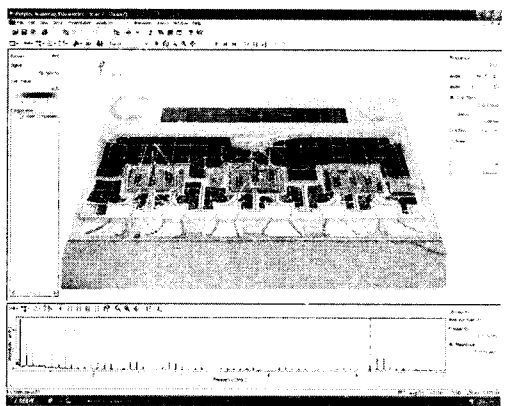
(b) 296 Hz



(e) 4430 Hz



(c) 600 Hz



(f) 8300 Hz

Fig.7 Vibration mode of inverter board at each resonance frequency

Fig.5에서는 인버터에 전원을 공급하였을 때 트랜스포머에서 발생하는 소음의 크기를 측정하여 옥타브 밴드로 나타낸 것이며, 동시에 솔레노이드, 인버터 보드, 코어의 진동을 측정하여 Fig.6에 나타내었다. Fig.5로부터 트랜스포머 소음은 1kHz 이상의 고주파에서 높은 레벨을 나타내고 있음을 알 수

있다. 그런데, 1 kHz의 소음레벨은 판넬의 진동 현상과 관련 있고, 2 kHz 이상의 소음은 코어의 진동 현상과 관련 있으며 7 kHz 영역에서의 소음은 솔레노이드와 코어의 진동과 연관이 있음을 Fig.6으로부터 알 수 있다.

Fig.7은 vibrometer에 의하여 측정된 각 공진 주

Table 1 Resonance frequency[Hz]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MA	-	241		509	-	-	1500	1900	2566	
Noise	148	285	444	590		1040	1440	1925	2520	5925
Vibration	148	285	444	590	878	1040	1440	1925	2520	5925
Harmonic	Dimming	2. Oder	3. Oder	4. Oder	6. Oder	7. Oder	10. Oder	13. Oder	17. Oder	40. Oder

과수에서의 LCD-TV 인버터 보드의 진동모드를 나타낸 그림이다. 이 그림에 의하면 1차 고유 진동형은 118 Hz에서 발생하며 판넬 전체가 수직 상하 운동을 하고, 296 Hz에서는 전형적인 판넬의 굽힘 진동을 관찰할 수 있으며, 600 Hz에서는 보드 위 분리구역의 진동형을 확인할 수 있다. 또 한 1~4 kHz 주파수 대역에는 인버터 보드와 트랜스포머 코어의 움직임을 동시에 관찰할 수 있는 고유진동수가 있고, 8 kHz 이상의 고주파 대역에는 트랜스포머 구성요소의 진동을 유발하는 고유진동수가 놓여 있음을 알 수 있다.

이와 같은 진동형의 분석은 인버터 보드 및 트랜스포머 코어의 강성, 감쇠 및 구조적 형상을 최적화하여 소음 및 진동의 원인을 제거 할 수 있는 근거를 제시한다. Table 1에는 실험 데이터로부터 주파수 대역별 공진주파수를 정리하여 나타 내었다. Table 1에 의하면 소음과 진동이 발생하는 주파수 대역이 유사하며, 모드 분석에 의하면 디밍 주파수의 하모닉스 성분이 고유진동수 영역에 있으며, 따라서 인버터 보드에서는 공진 현상에 의해서 소음과 진동이 발생하고 있음을 알 수 있다.

따라서 소음원은 디밍에 의한 승압 트랜스포머에서 발생하는 자기장력이며, 이러한 자기장력에 의해 인버터 보드 및 구성 요소가 디밍 주파수의 하모닉스 성분과 공진 시 발생하는 진동에 의해 소음이 발생한다는 결과를 얻을 수 있다.

4. 댐핑을 이용한 소음 및 진동 저감

Harold Lord⁽⁵⁾와 Shu Wang⁽⁶⁾에 의하면 판넬에 제진제를 사용하여 진동 및 소음 저감 효과를 얻을 수 있다. 따라서 인버터 보드에 제진제를 적용하면 인버터 보드의 진동 및 소음 저감 효과를 기대할 수 있다. 이를 위해 인버터 보드의 뒷면에 양면 접착 테이프를 이용하여 PCB판넬을 겹쳐서 두 겹의 샌드위치 판넬형 인버터 보드를 Fig. 8과 같이 제작하였

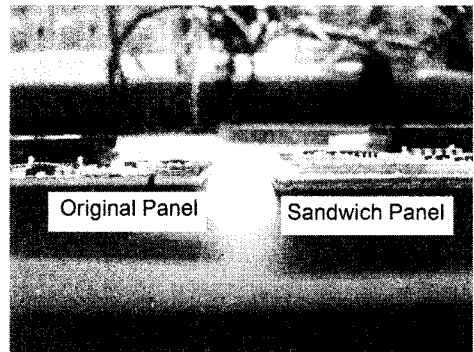


Fig. 8 Sandwich panel

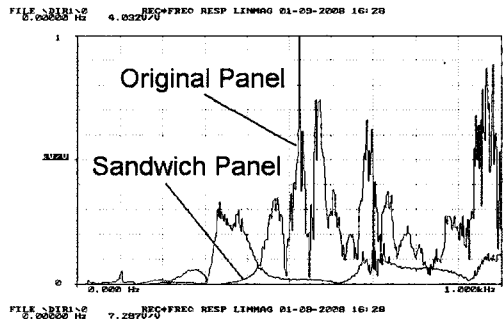


Fig. 9 Frequency response at original- and sandwich panel

으며, 진동 저감 효과를 보이기 위해 Fig. 9와 같이 인버터 보드에 제진제를 이용하지 않은 경우와 이용한 두 경우에 대하여 진동 모드 분석 시험으로부터 얻은 주파수 응답곡선을 0에서 1 kHz까지의 주파수 영역에서 나타내어 비교하였다. 이 그림에서 보인 바와 같이 제진제를 이용한 샌드위치 판넬형 인버터 보드에서는 제진제를 사용하지 않은 원래의 인버터 보드에서 전달되는 진동이 상당히 감쇠되었음을 보이고 있다.

또한, 실제 작동 시 발생하는 진동 저감 효과를 분석하기 위해 양면 접착제를 이용한 두 겹의 샌드위치 판넬형 인버터 보드에 전원 공급 시 발생하는

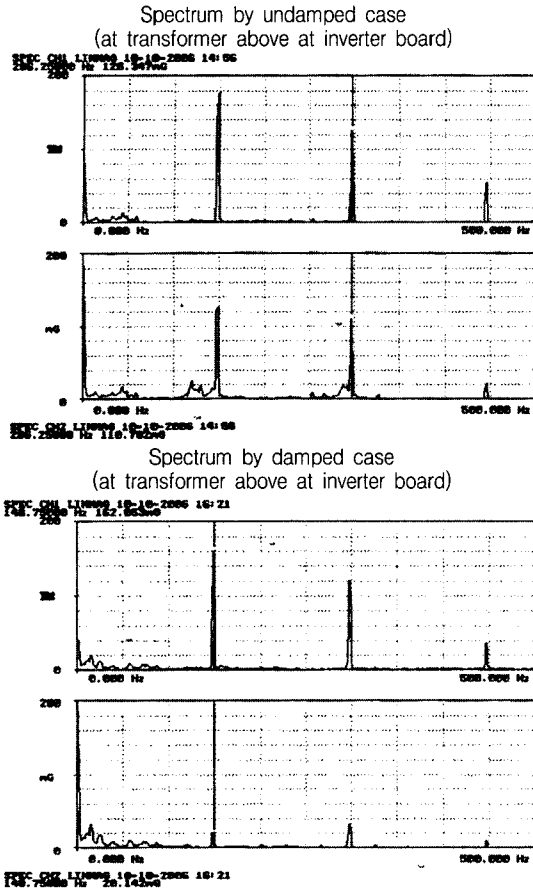


Fig. 10 Reduction of vibration amplitude at transformer and inverter board by damping

인버터 보드의 진동을 저주파 영역에서 측정하여 나타낸 스펙트럼을 트랜스포머에서 측정한 진동의 스펙트럼과 함께, 그리고 비교를 하기 위하여 제진제를 사용하지 않은 원래의 인버터 보드의 경우를 Fig. 10에 나타내었다. 이 그림에서 보는 바와 같이 아무런 조치를 취하지 않은 원판의 경우 디밍 주파수와 2차 하모닉스에서 큰 진폭을 감지하였으나, 감쇠조치를 한 샌드위치 판넬에서는 디밍 주파수에서 1/6배, 2차 하모닉스에서 1/4배로 진폭이 큰 폭으로 감소하였음을 보이고 있다. 따라서 1 kHz 이하의 저주파 영역에서는 인버터 보드의 진동을 감쇠하여 인버터 보드에서 발생하는 소음 레벨의 큰 폭의 저감을 기대할 수 있다. 이 그림에서 트랜스포머에서는 감쇠조치를 하지 않았기 때문에 진동크기의 변화가 작았다.

Fig. 11은 코어 및 인버터 보드에 댐핑 조치 전과

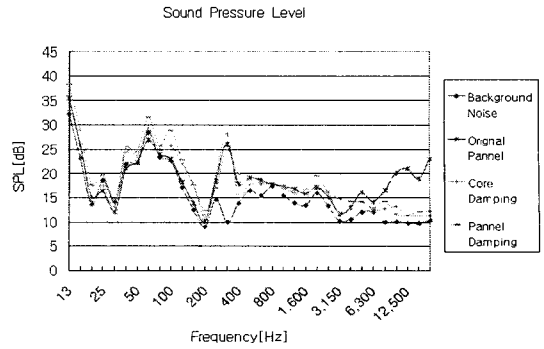


Fig. 11 Effect of noise reduction by core- or pannel-damping

후의 소음 레벨을 측정하여 소음 분석의 통상적인 방법으로서 옥타브 밴드 분석법을 사용하였으며, 보다 세밀한 소음 분석을 위하여 1/3옥타브 대역에서 표현하여 비교 및 분석한 것으로 5 kHz 이상의 고주파 대역에서 상당한 감쇠현상을 보이고 있다. 인버터 보드의 감쇠지지에 의하여 측정된 소음 레벨 분포에서는 디밍 주파수의 2차 하모닉스 285 Hz가 포함된 1/3옥타브 밴드의 중심주파수 315 Hz 대역에서 소음 저감 효과를 보이고 있는데, 이것으로부터 LCD 모니터의 인버터 구조물의 소음은 인버터 보드의 영향도 받음을 알 수 있다.

반면에 동주파수에서 코어 댐핑에 의한 소음 감쇠 효과는 없음을 보이고 있다. 즉, 각각의 방법들이 어느 한 주파수 대역에 효과를 보이는 반면, 다른 주파수 영역에서는 역효과를 보이고 있다. 따라서 각 방법들의 조화를 통하여 최적의 저감 효과를 가져올 수 있을 것으로 기대한다.

5. 결 론

이 연구에서는 LCD-TV 인버터 구조물에서 발생하는 소음 발생의 원인을 실험적으로 규명하고자 하였으며, 인버터 회로판과 트랜스포머 코어, 솔레노이드 등의 진동 및 소음을 측정하였으며, 인버터 보드의 샌드위치 판넬 형태로 댐핑을 준 경우의 진동 측정치와 비교를 하였으며, 그로부터 소음이 발생하는 메커니즘에는 인버터 보드 및 트랜스포머의 코어의 진동이 소음의 발생과 관련이 있음을 확인하였다. 이와 같은 결과로 인버터 구조물의 구성 요소간의 댐핑을 통하여 진동 감쇠와 아울러 소음 감소 효과

를 기대할 수 있다.

후 기

이 논문은 2007년도 경기대학교 특성화사업 프로그램 지원에 의한 연구로서, 경기대학교 특성화사업단 지원과 삼성전기 파워사업팀 협력에 대하여 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

(1) Choi, S. Y., Lee, S. Y., Joo, J. M., Kang, J. H. and OH, S. K., 2002, "Noise Reduction of PDP Module", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 204~209.

(2) Lee, J.-Y., Lee, T.-G., Kim, H.-J. and Kim, S.-W., 2006, "An Experimental Study on the Noise Evaluation of H.D. TV Sets by Psycho-accastion Experiments", Transactions of the Korean Society for Nosie and Vibration Engineering, Vol. 16. No. 10, pp. 1014~1023.

(3) Ryu, J.-Y. and Noh, S.-H., 2007, "A New Approach for Reducing Audible Nosie in Mobile TFT LCD Module", Proceeding of the KIMIC Annual Spring Conference, pp. 540~543.

(4) Kim, H.-S., Kim, J.-S., Kang, H.-J., Kim, B.-K. and Kim, S.-R., 2002, "A Study of Maglev Train Inverter and Converter Noise", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 346~351.

(5) Harold, L., Wiliam, S. G. and Evensen, H. A., 1980, "Noise Control for Engineers", McGraw-Hill Book Company.

(6) Wang, S. and Bloemhof, H., 1999, "Simulation of Vehicle Panels with Multi-layer Damping Tretment", 1st MSC Worldwide Automotive User Conference.

(7) Singiresu, S. R., 2004, "Mechanical Vibrations", Peason.

(8) Michael, P. B. and William, S. M., 1983, "Vibration and Acoustic Measurement Handbook", SPARTAN.