

# PDP에서 발생하는 전자기력에 의한 소음

주재민, 최수용  
(삼성전자 PDP 연구소)

## 1. 머리말

PDP는 plasma display panel의 약자로 방전가스와 형광체를 이용하여 화면을 구성하는 차세대 디스플레이로 주목 받는 제품이다. PDP는 흔히 벽걸이형 TV로 알려져 있으며 기존의 CRT형 TV에 비하여 40인치에서 60인치에 이르는 대형 화면을 지원한다. 시장초기에는 고가의 가격 때문에 그다지 수요가 많지 않았지만, 최근, 인치당 10만원대의 가격으로 하락하면서 기존의 CRT형 TV를 급속히 대체할 것으로 보인다.

PDP의 원리는 상·하판 사이의 공간내에 채워진 가스에서 방출된 자외선이 형광체와 부딪혀 고유의 가시 광선을 방출하는 원리로 화면을 구현한다. PDP는 기존의 TV에 대하여 초경량, 초박형, 대형 화면이라는 장점을 가지고 있지만, 반면에, 고전압을 사용함에 따라 전력 소모가 크며, 이에 따른 소자들의 발열에 의한 과열 문제와 각종 전자부품에서 발생하는 소음문제가 대두되고 있다. 초기의 PDP의 경우 발열 문제를 해결하기 위해 PDP 상단에 팬(fan)을 장착하는 것이 일반적이었다. 그러나 팬은 TV시청을 방해할 정도의 소음을 발생하여, 최근에는 팬을 제거한 상태에서 발

열 문제를 해결하기 위하여 방열핀(heat sink)을 이용하는 추세이다.

PDP의 화면을 발광시키기 위하여 고전압 펄스가 전기 소자들에게 공급되며, 이러한 고전압 펄스에 의해 소자들의 진동이 발생한다. 소자들의 진동은 소음을 유발시키며, 방열핀 등으로 인하여 증폭되기도 한다. 본 글에서는 PDP의 기본적인 구조에 대해서 설명하고 발생하는 소음 경향에 대하여 언급하고자 한다.

## 2. PDP의 구조

PDP의 구조는 그림 1에서 보는 바와 같이, 전극을 갖는 2장의 유리 기판 사이에 수많은 작은 격벽들이 일정한 간격을 유지하며 포개어져 있고, 그 사이 공간 내에 수백 토르(torr)의 압력으로 방전가스(Ne, Xe)가 채워져 밀봉되어 있다. 이 전극에 수백 볼트의 전압을 걸어주게 되면 방전가스에서 자외선이 발생하고, 이 자외선이 형광체에 부딪혀 가시광선을 방출하게 된다.<sup>(1)</sup>

PDP는 기본모듈과 화면을 구성하는 영상보드, 외관 케이스로 구성되어 있다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 소음은 PDP의 기본 모듈에서 발생하며 이것은 외관 케이스에 의해 차폐되어질 수 있다. 그러나 소자 발열에 의한 과열 문제로 완전히 차폐할 수는 없는 상황이므로 PDP의 근원적인 소

\* E-mail : jjman@samsung.com

\*\* E-mail : sooyong@shinbiro.com

음 저감을 위해서는 PDP모듈의 소음 저감이 우선적으로 수행되어야 한다.

그림 3에서 보여주고 있는 PDP모듈은 방전패널, SMPS(switched mode power supply), X, Y 구동보드와 로직(logic) 보드로 구성되어 있다. 사진에서 보이는 기본적인 알루미늄으로 된 구조물이 화면에 해당하는 방전패널이며, PDP의 전체 전력을 공급하는 SMPS가 중앙에 위치하고 있다. SMPS 좌우측에 위치한 것이 X, Y 구동보드이며, 구동보드는 SMPS로부터 전력을 공급 받아 방전패널에 화면을 켜주는 역할을 한다. SMPS 하단부에 위치한 것은 로직 보드로 전체 시스템을 제어하는 역할을 한다.

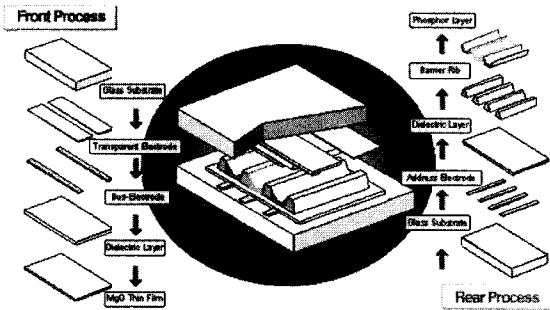


그림 1 PDP의 발광 원리

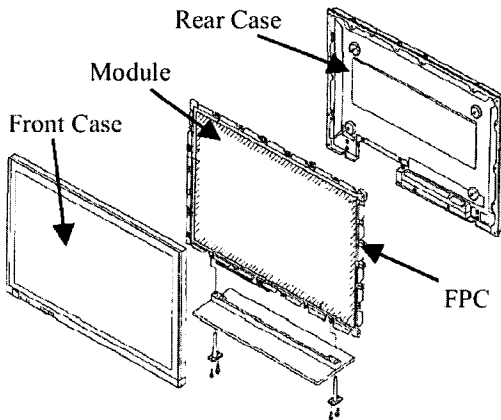


그림 2 PDP의 구조<sup>(2)</sup>

패널의 방전을 위해서, 구동보드에서는 고전압 펄스를 공급해주며 이것이 전기적인 충격력이 되어 각각의 회로 소자들을 가진하고 소음을 유발시킨다. 소음을 발생시키는 주된 소자는 변압기(transformer), 콘덴서(condensator), MOSFET(metal oxide semiconductor field effect transistor) 등을 들 수 있겠으며, 전자 소자들의 방열을 돕기 위해서 부착되는 방열핀(heat sink)은 이러한 소자들의 진동을 증폭시켜 소음을 발생시킨다. 또한 소자들의 주파수 대역은 500 Hz에서 10 kHz 까지의 넓은 대역에 분포하고 있어 방열핀의 공진 가능성이 크며 이러한 공진은 소음을 더욱 더 크게 증폭시킨다. 그리하여, PDP에서 사용하는 방열핀의 경우 발열 성능 뿐만 아니라 소음을 보다 덜 방사하는 저소음 설계까지 요구하게 된다.<sup>(3)</sup>

### 3. PDP의 소음 경향

#### 3.1 PDP 소음 측정 조건 및 소음 수준

PDP 모듈의 방사소음은 뒷면 중앙으로부터 50 cm 떨어진 위치에서 측정하며, 전기적인 부하는 full white 조건이다. 측정 주파수 범위는 50 Hz 에서 8000 Hz이고 A 보정값(weighting)으로 측정한다. 그림 4는 PDP모듈의 전형적인 소음 특성을

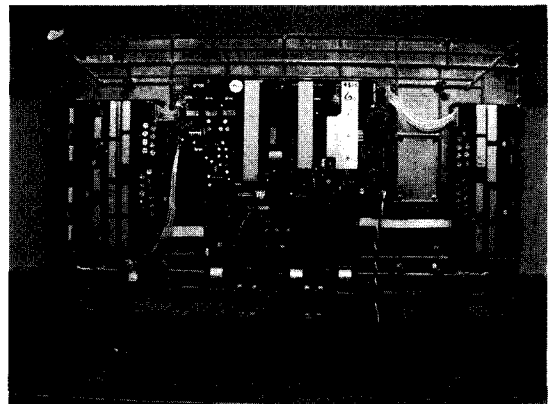


그림 3 PDP모듈의 구조

보여주고 있다.

그림 4에서 볼 수 있듯이 PDP 모듈의 소음은 900 Hz 대역과 1700 Hz 대역의 소음이 지배적이며, 그 주파수 대역은 SMPS와 Y 보드에서 주로 발생하고 있음을 알 수 있다.

표 1 각 보드의 소음 기여도

구 분	기 여 도
SMPS	52 %
Y 보드	30 %
X 보드	18 %

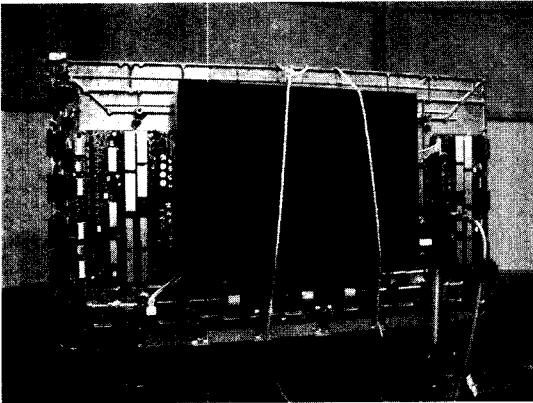


그림 5 각 보드의 기여도 시험

### 3.2 기여도 시험

각각의 보드의 소음 수준을 알아보기 위해서 기여도 시험을 수행하였다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 기여도 시험은 각 보드를 하나씩 차폐한 후 소음을 측정하는 방식으로 수행하였다. 해당 보드의 소음은 전체 소음으로부터 차폐시 소음을 차감하여 산출된다. 기여도 시험을 통해 구하여진 각 보드의 소음 기여도는 표 1과 같다. 그림 4와 표 1에서 볼 수 있듯이 PDP 모듈의 소음을 저감하기 위해서는 SMPS와 Y 보드의 소음을 우선적으로 저감해야 한다.

### 3.3 각 보드의 소음 편차

보드의 소음수준의 편차를 측정하기 위하여 동일한 방전패널에 대하여 10 세트의 보드를 교환하면서 시험하였다. 시험 결과 각각의 보드는 소음 편차를 가지고 있었으며 보드별로 소음 주파수 특성도 조금씩 다르다는 것을 발견하였다. 각 보드의 소음 특성은 주위 조합에 따라 영향을 거의 받지 않고 독립적인 특성을 가지고 있었다. 예를 들어 소음이 큰 Y 보드에 소음이 큰 SMPS가 부착되는 경우와 소음이 작은 SMPS가 부착되는 두 가지 경우에 있어서 Y 보드의 소음은 항상 일정 수준의 레벨을 보여주었다. 소음 변동 수준은 보

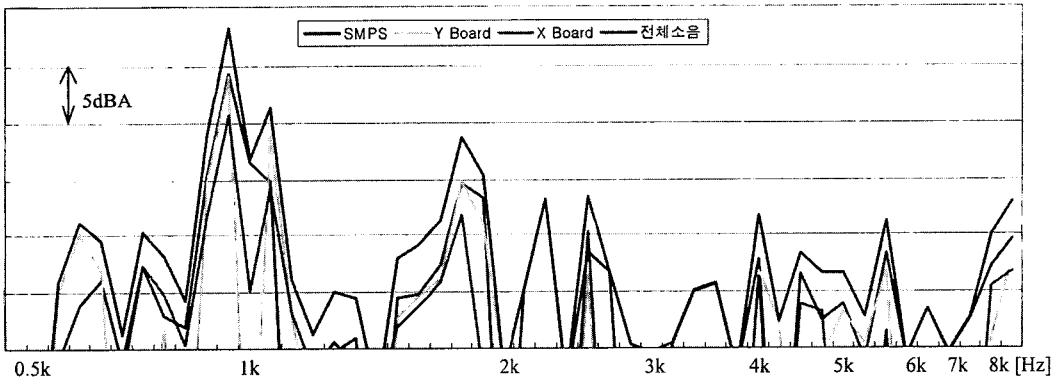


그림 6 PDP 모듈의 소음 특성

드 조합에 따라, 전체 소음의 최고 값과 최소 값이 약 3dBA 정도의 차이를 갖는 것을 확인 할 수 있었다.

소음 편차는 주로 SMPS와 Y 보드에서 발생하였으며 X 보드의 경우는 소음편차가 비교적 적게 발생하였다. 그림 6는 SMPS 보드에 따른 PDP 모듈의 방사 소음 편차를 보여주고 있다. SMPS의 소음 편차는 주로 2000~4000 Hz 대역에서 분포하는 것을 볼 수 있다. 그림 7에서는 Y 보드에 따른 PDP 모듈의 방사 소음 편차를 보여주고 있으며 편차는 주로 900 Hz 대역에서 발생하고 있음을 알 수 있다.

그림 8은 각각의 보드에서의 시간에 따른 편차를 보여주고 있다. 보드 시편에 따른 소음 편차 뿐만 아니라 시간에 따라서 소음 편차가 발생하는

것을 확인하였으며, 편차는 약 1dBA 정도가 발생하였다. 그림 8에서 보는 바와 같이 시간에 따른 소음편차는 30분 정도가 지나면 소음 수준이 안정되는 경향을 보였으며, 보드의 조합에 따라 증가하는 경우와 감소하는 경우가 있었다.

### 3.4 주파수별 소음 발생 위치

해당 주파수의 소음원을 확인하기 위하여, 관심 주파수 대역에서의 소음방사 패턴을 acoustic image를 활용하여 측정하였다.<sup>(4)</sup>

그림 9와 10으로부터 보드의 부품별 소음원을 분석한 결과, SMPS의 주요 소음원은 Vs측 컨덴

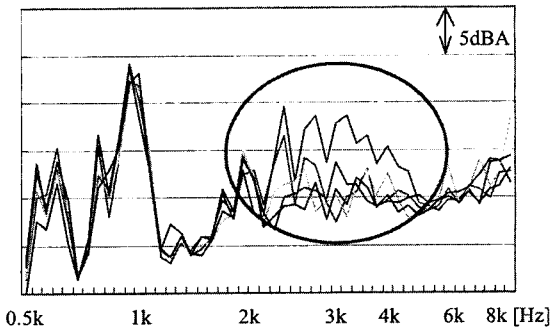


그림 6 SMPS 보드 변경에 따른 소음 편차

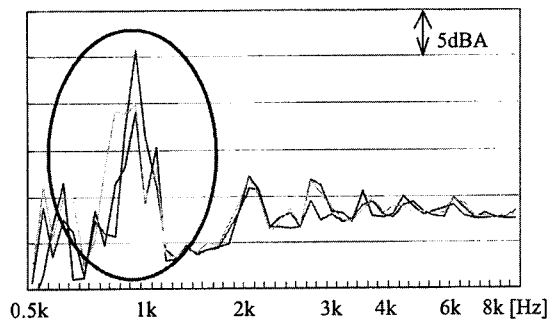


그림 7 Y 보드 변경에 따른 소음 편차

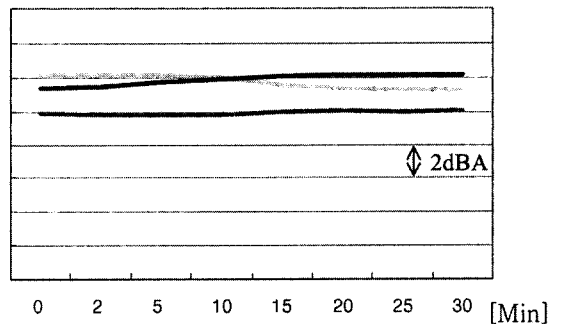


그림 8 시간에 따른 소음 변화량

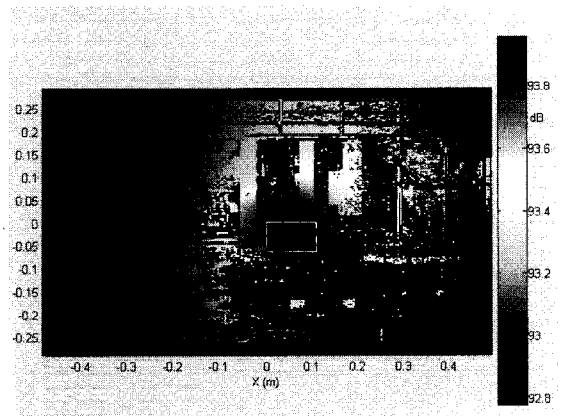


그림 9 PDP 모듈의 소음 방사 특성 (2000~3000 Hz)

서 부위와 메인 트랜스 부분이며 소음 편차는 주로 이 부분에서 나는 것으로 확인되었다.

Y 보드의 경우, 주요 소음 발생지역은 power MOSFET(metal oxide semiconductor field effect transistor)의 방열핀이었다.

#### 4. 소음원 분석

##### 4.1. 방열핀에서의 소음 방사

X, Y 구동보드에 위치한 power MOSFET은 PDP의 각 pixel에서 방전을 일으키기 위해 사용되는 전력소자로 고전압과 고전류를 공급하는 역할을 담당한다. Power MOSFET에 전류가 흐르면 내부에 정전기력이 생기게 되고, on-off 작용을 반복하면서 정전기력은 진동을 발생시킨다.<sup>(5)</sup> 그림 11은 MOSFET이 on-off 작용을 반복하면서

진동을 발생하는 원리를 보여주고 있다. 고전압과 고전류로 인해 MOSFET은 심한 발열을 하며 냉각을 위해 방열핀이 부착된다. 이때 MOSFET의 진동은 방열핀을 가진시키고 방열핀은 소음을 증폭시켜 방사하게 된다.

방열핀에서부터 방사되는 소음특성이 PDP의 주요 소음 주파수와 일치하는지 확인하기 위해, 방열핀의 진동을 측정하였다. 그림 12는 방열핀의 주요 진동 주파수 성분이 900과 1740 Hz로, 이것은 주요 소음 주파수 성분과 일치한다.

그림 13과 14는 방열핀이 각각 1차, 2차 고유모드에서 진동하는 형상을 보여주고 있다. 해석 결과, 1차 고유진동수는 1768 Hz, 2차는 2774 Hz로

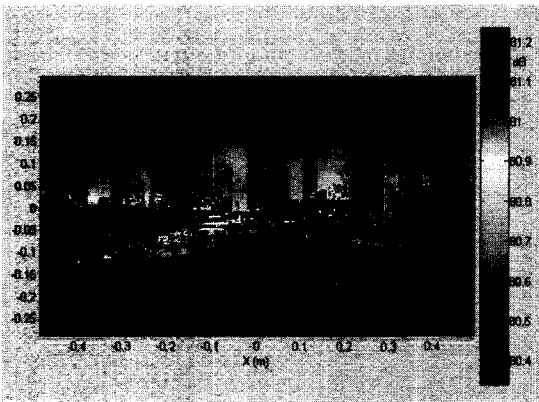
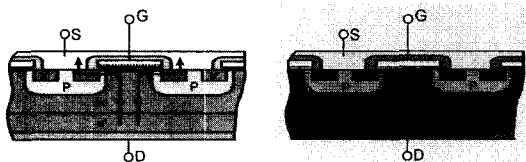


그림 10 PDP 모듈의 소음 방사 특성 (500~1500 Hz)



< ON 상태의 전하 분포 >

< OFF 상태의 전하 분포 >

그림 11 MOSFET에서의 진동 발생원리

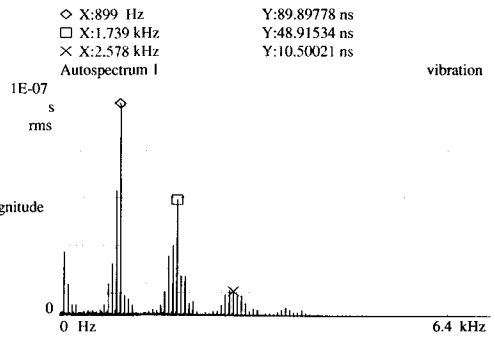


그림 12 MOSFET 방열핀의 진동 특성

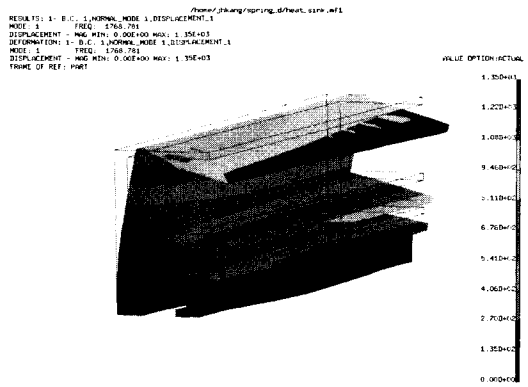


그림 13 방열핀의 고유 진동모드(1차)

나타났다.

### 4.2 방전 펄스와 소음의 관계

Power MOSFET에 전류가 흐르면 내부에 정전기력이 생기게 되고 이것은 MOSFET의 진동을 유발시킨다. 1개의 MOSFET에서 발생하는 순간 가진력은 14N 정도이며 이 힘은 방열핀을 가진 시켜 소음을 유발한다.<sup>(5)</sup>

그림 15는 패널 방전을 위해서 공급하는 고전압 펄스의 파형이다. 고전압 펄스를 발생시키기 위해서 사용되는 주요 소자 중의 하나가 power

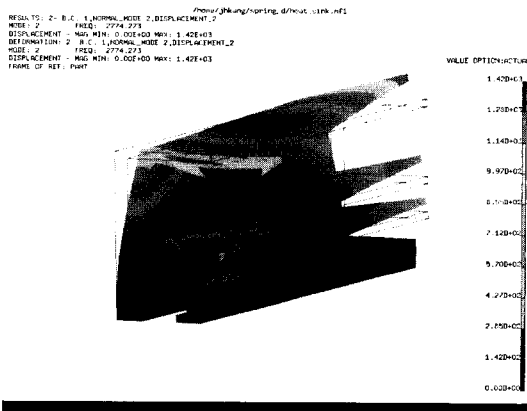


그림 14 방열핀의 고유 진동모드(2차)

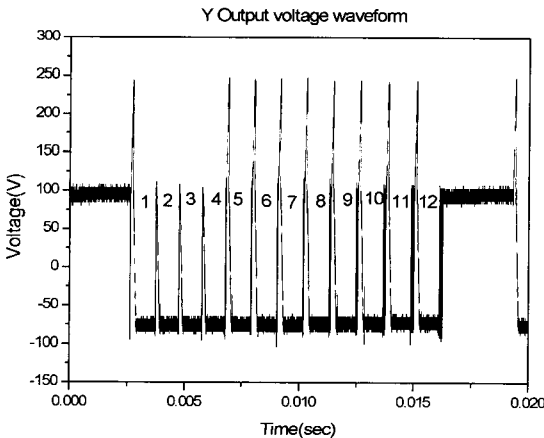


그림 15 방전패널에 인가되는 고전압 펄스형태

MOSFET이며, 이 power MOSFET에 인가되는 전압의 주파수 특성은 그림 16과 같다. 그림에서 볼 수 있듯이 패널방전을 위한 고전압 펄스는 900

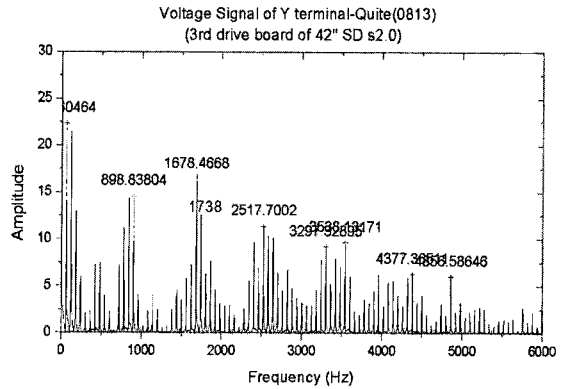


그림 16 고전압 펄스의 주파수 스펙트럼

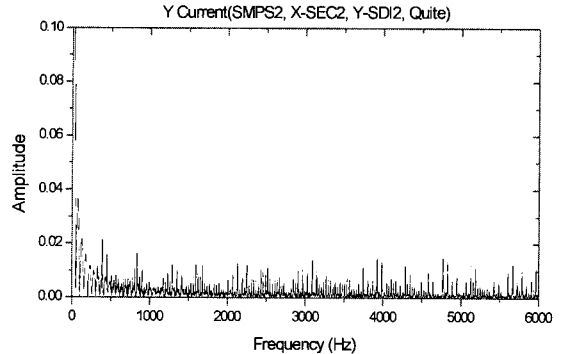


그림 17 소음이 낮은 보드에서 측정된 전류성분

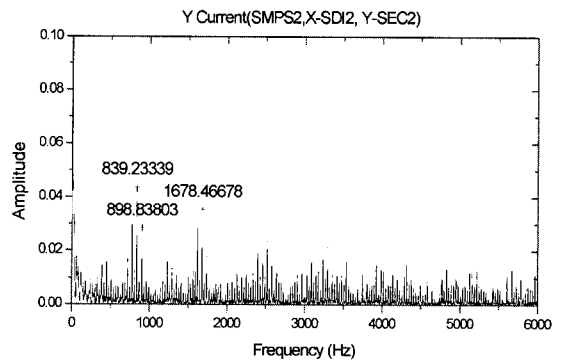


그림 18 소음이 높은 보드에서 측정된 전류성분

과 1740 Hz 주파수 대역이 지배적인 특성을 가지며, 이 주파수 대역은 PDP 모듈의 소음 방사 특성과 일치함을 알았다. 따라서 방전을 위해 공급되는 고전압 펄스가 전기 소자를 가진하고 이것이 주요 소음을 유발시키는 것을 알 수 있다.<sup>(6)</sup>

그림 17과 18은 Y 보드에서 power MOSFET에 흐르는 전류를 측정된 결과이다. 두개의 그래프는 소음이 작은 Y 보드와 소음이 큰 Y 보드의 전류 스펙트럼을 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 900과 1700 Hz 대역에서 소음이 큰 보드의 전류 스펙트럼이 작은 보드의 것보다 더 크게 나타났음을 알 수 있다. 이것은 소음이 큰 보드가 전류적인 측면에서 맥동이 더 심하며, 불안정한 것으로 판단된다.

## 5. 맺음말

PDP의 소음 측정 결과, 주된 소음원은 900 Hz 대역과 1700 Hz 대역의 소음이며, 소음 기여도 순위는 SMPS, Y 보드, X 보드 순으로 나타났다. SMPS와 Y 보드가 전체소음의 80% 이상 차지하는 것을 알 수 있었으며 900 Hz와 1700 Hz 대역의 소음은 모든 보드에서 전반적으로 발생하고 있었다.

X, Y 구동보드와 SMPS의 조합 상태에 따라서 소음이 달라지는 것을 확인하였으며 최대 3 dBA의 차이가 발생하였다. SMPS의 주요 소음원은  $V_s$ 측 컨덴서 부분과 메인 트랜스 부분이며, 소음 편차는 900 Hz 대역과 2000에서 3000 Hz 대역의 편차로 확인되었다. Y 보드의 경우 주요 소음원은 방열핀이며 주 소음 편차는 900 Hz 대역에서 발생하는 것으로 확인되었다. 시간에 따른 소음 편차는 30분 정도가 지나면 수치가 안정되는 경향을 보였다.

구동 보드의 전압을 측정된 결과, 900 Hz와 1740 Hz의 주파수 성분이 주요 소음 주파수 성분과 일치함을 확인하였으며, 이것은 PDP 패널에 방전을 하기 위한 고전압 펄스였다.

PDP의 소음 특성을 연구한 결과, 전기 회로적인 특성이 기계적인 소음에 직접적인 영향을 주는 것을 확인하였다. 기존의 소음진동의 연구에 있어서는 이와 같은 전자기력에 의한 소음진동에 관한 연구는 활발히 연구되지는 않았다. 또한, 회로적인 원인으로 인한 소음 편차나 이를 줄이기 위한 회로적 접근 등에 관한 자료는 그리 많지 않은 것이 현실이다. 그러나 점차적으로 제품의 고급화와 소비자의 요구 수준이 높아짐에 따라 전자기력에 의해 발생하는 소음에 대한 연구가 이루어져야 한다. 이러한 흐름에서 전기 회로적인 특성과 기계적인 소음간의 정확한 인과관계를 파악하기 위한 추가적인 연구가 활발히 이루어질 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

- (1) 최수용, 이석영 등, 2002, "PDP 소음원 분석 및 대책 보고서," 삼성전자 기술보고서.
- (2) 박대경 외, 2002, "플라즈마 디스플레이의 소음저감 연구," 한국소음진동공학회 추계학술대회 논문집.
- (3) 배성원, 2002, "PDP 온도 성능 시험 보고서," 삼성SDI 기술보고서.
- (4) ACB Engineering, 2002, "User Guide for Acoustic Imaging System ANT64 V.2.1," pp.3~5.
- (5) 안호영, 2002, "Power MOSFET 소자 내부의 정전기적 Force에 대한 연구," 삼성SDI 기술보고서.
- (6) 최수용 외, 2002, "PDP모듈의 소음저감," 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집.