

## 새로운 방식의 멀티레벨 AC PDP 구동장치

정우창, 강경우, 유종걸, 고종선, 홍순찬  
 단국대학교 전기공학과

### A Novel Multi-Level Type Sustaining Driver for AC Plasma Display Panel

Woo-Chang Jung, Kyung-Woo Kang, Jong-Gul Yoo, Jong-Sun Ko, and Soon-Chan Hong  
 Dept. of Electrical Eng., Dankook University

#### ABSTRACT

A new multi-level type energy recovery sustaining driver for AC PDP(Plasma Display Panel) is proposed in this paper. The multi-level driver has been developed to reduce the voltage stress on switching elements. Comparing the proposed driver with the conventional multi-level driver, 4 switching elements, 4 diodes, and two auxiliary capacitors are eliminated in the viewpoint of circuit structure. Moreover, the voltage stress on switching elements is more reduced and the sustain period is extended. To verify the validity of the proposed energy recovery circuit, computer simulations using PSpice program are carried out.

#### 1. 서론

PDP는 DC PDP와 AC PDP 두 형태가 있는데 현재는 전극을 보호할 수 있고 구조가 보다 간단한 AC PDP가 주종을 이루고 있으며 TV에 사용되고 있다. 그림 1은 AC PDP의 구성도이다.

PDP TV는 얇으면서도 큰 화면, 우수한 동화상 재현 능력, 그리고 높은 화질로 인해 수요가 늘고 있다. 그러나 에너지 회생회로를 사용하지 않으면 CRT TV에 비해 소비전력이 큰 단점이 있다. 에너지를 회생할 수 있는 AC PDP 구동회로는 Weber 회로가 대표적이다<sup>[1]</sup>. 이후 에너지 회생회로에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 보조 커패시터가 없는 Sakai 회로<sup>[2]</sup>, 스위칭소자의 전압스트레스를 저감시킨 멀티레벨 구동회로<sup>[3]</sup>등이 개발되었다.

AC PDP는 지속적인 셀의 발광을 위해 서스테인 회로와 에너지 회생회로가 필수적이다<sup>[4]</sup>. AC PDP에 흐르는 전류는 변위전류(displacement current)와 가

스 방전전류(gas discharge current)로 구별되는데, 에너지 회생회로를 설계할 때 변위전류만을 고려하고 설계하는 것이 가능하므로 PDP를 등가 커패시턴스

$C_p$ 로 취급하는 것이 가능하다<sup>[4]</sup>.

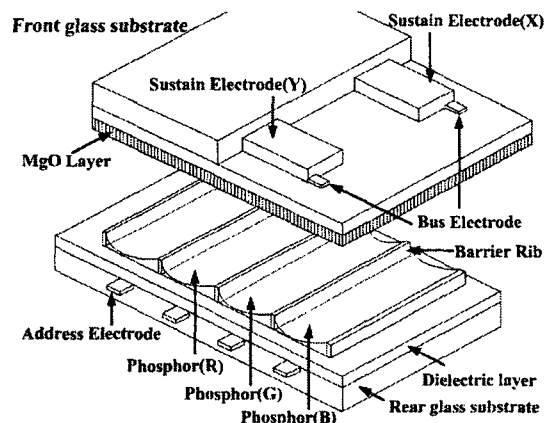


그림 1. AC PDP 구성도

그림 2는 Weber의 에너지 회생회로인데 좌우 대칭구조로 이루어져 있으며, M1~M4로 구성되는 중앙의 회로가 AC PDP 구동회로이고 M5~M8, L1 및 L2, C2 및 C3로 구성되는 양옆의 회로가 에너지를 회수하기 위한 회로이다. Weber회로에서는 보조 커패시터가 패널 커패시터를 충전할 때, 방전전압과 동일한 전위까지 충분히 충전시키지 못하기 때문에 나타나는 하드 스위칭 현상이 발생한다. Weber회로에서의 급격한 전압 변화는 스위칭 소자에 큰 전압 스트레스를 준다.

이러한 문제를 해결하기 위해 멀티레벨 구동회로가 제안되었다<sup>[3]</sup>. PDP TV의 스위칭 소자에 인가되는 전압 스트레스를 감소시키면 사용 스위칭 소자의 가격은 훨씬 큰 폭으로 낮아지며, 또한 무효전력을

반으로 낮춘다. 이 멀티레벨 구동회로는 Weber회로에서의 하드 스위칭 문제를 대폭 저감시켜 스위칭 소자의 전압스트레스를 절반 정도로 감소시켰으나 전원전압 유지구간이 짧아진다.

본 연구에서는 기존의 멀티레벨 구동회로에서의 단점을 개선하고 소자의 수를 감소시켜 회로구성을 간략화한 새로운 방식의 AC PDP용 멀티레벨 에너지 회생회로를 제안한다.

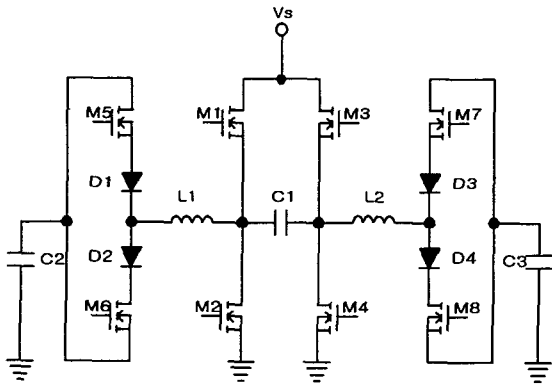


그림 2. Weber 회로

## 2. 멀티레벨 구동회로

그림 3과 같은 멀티레벨 구동회로는 Weber회로를 두 개 중첩시켜 놓은 구조를 가지므로 구성 부품의 수는 Weber회로의 두 배가 된다. 패널 커패시터의 전압이 0에서  $V_s/2$ 가 되기 위해  $V_s/4$ 를 유지하는 커패시터 전압원이 필요하고 패널 커패시터의 전압이  $V_s/2$ 에서  $V_s$ 까지 충전되기 위해  $3V_s/4$ 을 유지하는 커패시터 전압원이 필요하므로 한쪽에 4개씩의 보조 커패시터가 필요하다. 그리고 전류를 단방향으로 스위칭하기 위한 2개의 다이오드가 연결되어 있다.

그림 4는 그림 3의 멀티레벨 구동회로에 인가되는 스위칭 신호와 패널의 양단전압 및 전류 파형을 나타낸 것이다. 회로의 동작은 기본적으로 Weber회로와 동일하다. 그림 3의 side 1 유지회로는 8개 모드로 동작하고 다음 반 주기에서는 side 2 유지회로가 역시 8개 모드로 동작하므로 회로는 한주기에서 16개 모드로 동작한다.

Side 1 유지회로가 동작하는 동안 패널의 Side 2 쪽은 접지되어 있는데, S11과 S3이 턴온되어 패널 커패시터가  $V_s/2$ 로 충전되는데 이를 1차 충전이라 한다. 이어서 S11과 S3이 턴오프되고 S2가 턴온되면  $V_s/2$  유지구간이 시작된다. S2가 온상태를 유지하면서 S9를 턴온시키면 2차 충전이 시작되고, 2차

충전이 종료됨과 동시에 S9를 턴오프시키고 S1을 턴온시키면 가스방전이 이루어지며 벽전하가 누적되는 유지구간이 된다. 유지구간이 끝나면 패널 충전의 역순으로 스위칭 소자를 동작시키면서 S9 대신에 S10, S11 대신에 S12를 동작시켜 패널 커패시터의 에너지를 회수하게 된다. 마지막에 패널 커패시터의 양쪽을 동시에 접지시켜 전위를 소거시킨다. Side 2 유지회로의 동작은 Side 1과 동일하게 동작하는데, Side 1과 Side 2의 동작이 모두 끝나면 한 주기가 완성된다.

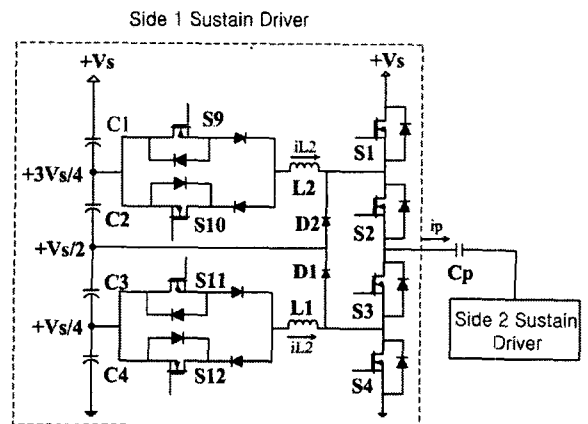


그림 3. 멀티레벨 구동회로

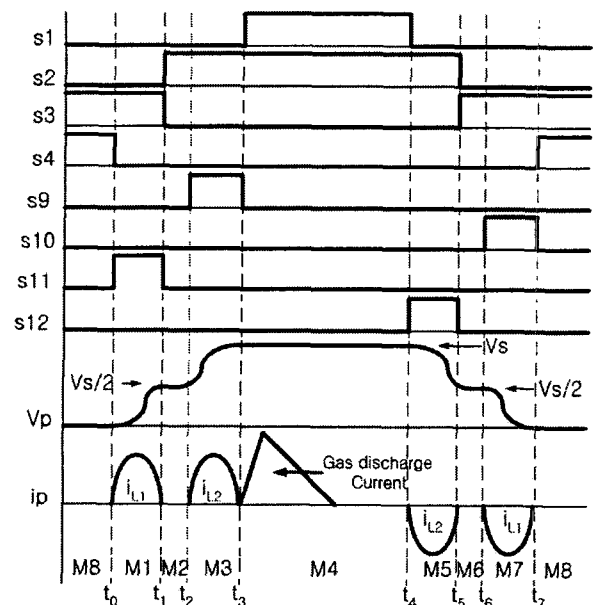


그림 4. 멀티레벨 구동회로의 스위칭 신호 및 파형

## 3. 제안한 에너지 회생회로

기존의 멀티레벨 구동회로는 Weber회로와 비교하

여 스위칭 소자의 전압 스트레스가 절반 정도로 감소하는 장점이 있다. 그러나 구동회로 스위칭 소자의 개수가 2배에 달하고, 에너지 회수를 위한 공진 회로가 모두 4개 필요하며, 보조 커패시터 또한 2배가 필요하므로 많은 수의 부품을 요구한다. 또한  $V_S/2$ 를 유지하는 구간을 별도로 투입함으로써 패널 충전 및 에너지 회수 구간의 중간 전압과  $V_S/2$  유지구간에서 하드 스위칭 문제가 발생하고, 한 주기 중 충전 및 에너지 회수 구간이 차지하는 길이가 다소 길어지는 문제점이 있다.

본 논문에서는 그림 5와 같은 에너지 회생회로를 제안한다. 이 회로는 에너지를 회수하기 위한 공진 회로가 4개, 보조커패시터 6개로 구성된다. 그림 5의 회로에 가해지는 스위칭 신호와 PDP에서의 전압 및 전류 파형은 그림 6과 같다. 제안한 회로는 반 주기당 6모드로 동작하도록 설계 하였으며 모드별 동작은 다음과 같다.

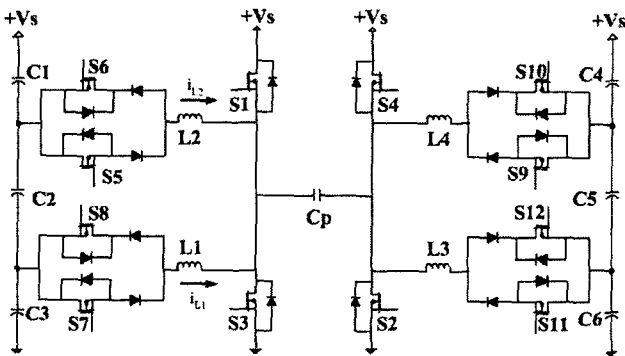


그림 5. 제안 회로

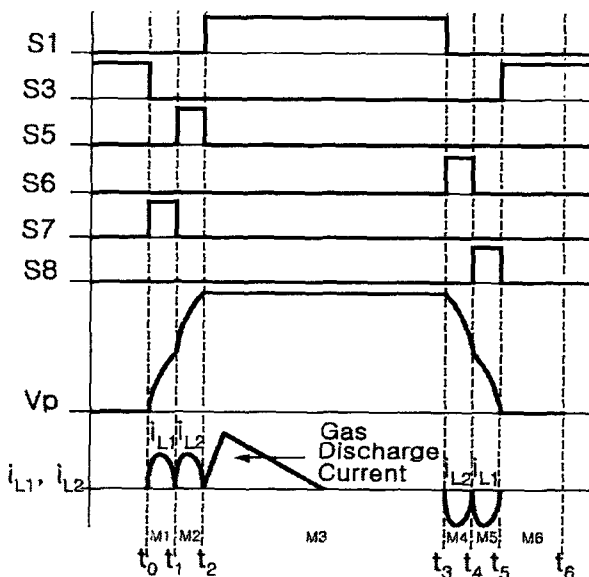


그림 6. 제안회로의 스위칭 신호와 각부파형

### 1) 모드 1 ( $t_0 \sim t_1$ , 제1 충전구간)

스위치  $S_7$ 과  $S_2$ 가 ON되어 있고 나머지 다른 스위치들은 모두 OFF되어 있는 구간이다. 그림 7(a)와 같은 회로가 구성되어 보조 커패시터  $C_3$ 의 충전에 에너지가 패널 커패시터  $C_P$ 로 전달되어 패널 커패시터를  $V_S/2$ 까지 충전시킨다.

### 2) 모드 2 ( $t_1 \sim t_2$ , 제2 충전구간)

스위치  $S_7$ 이 턴오프되고  $S_5$ 가 턴온되면서 모드 2가 시작된다. 그림 7(b)와 같이 회로가 구성되며, 모드 1에서 충전된  $V_S/2$ 의 패널전압에서 하드 스위칭 없이 바로 2차 상승이 시작된다.

### 3) 모드 3 ( $t_2 \sim t_3$ , 방전 유지구간)

스위치  $S_5$ 가 턴오프되면서  $S_1$ 이 ZVS로 턴온된다. 그림 7(c)와 같이 회로가 구성되어 패널전압  $V_{Cb}$ 는  $V_S$ 로 유지되고, PDP의 유지 방전 전류가 흐르게 된다.

### 4) 모드 4 ( $t_3 \sim t_4$ , 제1 에너지 회수구간)

$t=t_3$ 에서 스위치  $S_1$ 이 차단되고, 스위치  $S_6$ 가 도통된다. 이에 따라서 그림 7(d)에 나타난 바와 같이  $L_2$ 를 통한 공진경로를 따라서 패널의 에너지를 1차 회수하게 된다. 이때 패널 전압은  $V_S/2$ 까지 낮아진다.

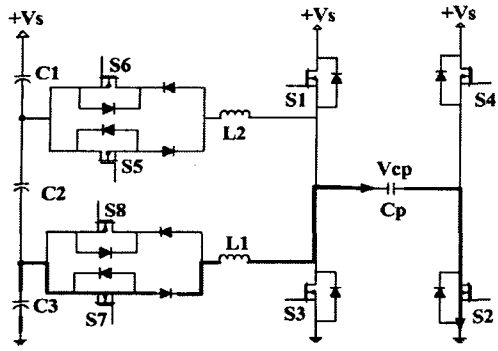
### 5) 모드 5 ( $t_4 \sim t_5$ , 제2 에너지 회수구간)

$t=t_4$ 에서 에너지 회수부 스위치  $S_6$ 가 턴오프되고  $S_8$ 이 턴온되면 모드 5가 시작된다. 그림 7(e)와 같이 회로가 구성되어 패널 전압은 하드 스위칭 없이  $V_S/2$ 에서 0으로 하강하게 된다.

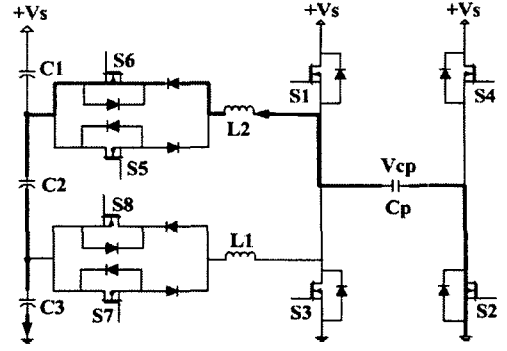
### 6) 모드 6 ( $t_5 \sim t_6$ , 소거구간)

$t=t_5$ 에서  $S_6$ 가 턴오프되고  $S_3$ 이 ZVS로 턴온되면서, 패널 전압은 0이 된다.

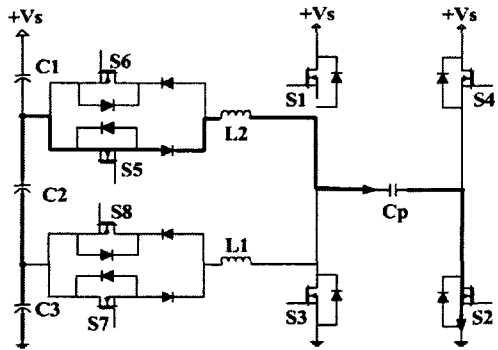
이와 동일한 방법으로 다음 반주기 동안 PDP의 오른쪽 유지 구동부가 모드 7에서 모드 12까지를 반복하여 패널에 고주파 AC전압을 인가한다.



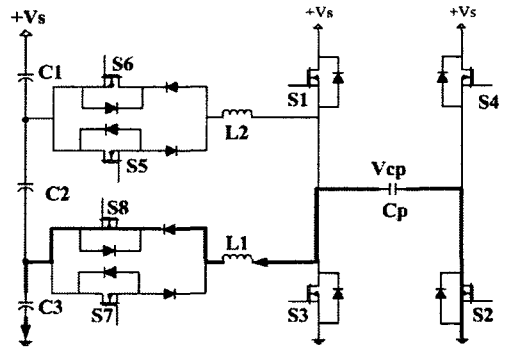
(a) mode 1



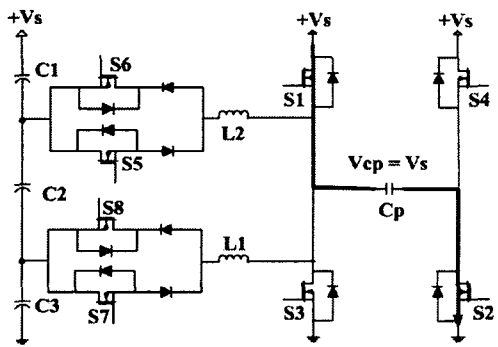
(d) mode 4



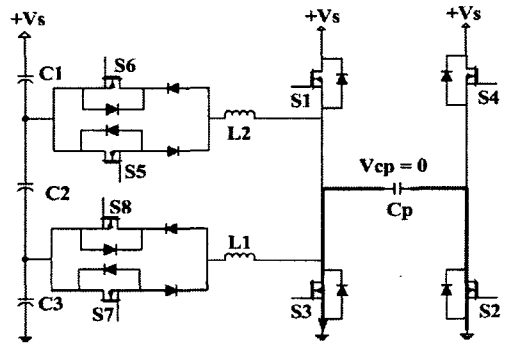
(b) mode 2



(e) mode 5



(c) mode 3



(f) mode 6

그림 7. 제안 회로의 각 모드별 동작

#### 4. 시뮬레이션

제안한 에너지 회생회로의 유용성을 입증하기 위하여 PSpice를 사용하여 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션에 사용한 파라미터의 값은 다음과 같다.

$$V_S = 200\text{Vdc}, C_P = 80\text{nF}, f_s = 100\text{kHz}$$

$$L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = 1.2\mu\text{H}$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = 2.2\mu\text{F}$$

그림 8은 제안한 에너지 회생회로에서 패널 커패시터의 양단전압  $v_{cb}$ 와 인덕터 전류  $i_{L1}$ ,  $i_{L2}$ ,  $i_{L3}$ ,  $i_{L4}$ 를 시뮬레이션한 결과이다. 그림 8에서  $v_{cb}$ 의 파형을 보면 제1 충전구간에서 제2 충전구간으로 옮겨가는 변위점 및 제1 에너지 회수구간에서 제2 에너지 회수구간으로 옮겨가는 변위점에 하드 스위칭 현상이 나타나지 않고 있다. 이것은 패널 전압을  $V_S/2$ 로 강제적으로 맞추지 않고 자연스럽게 전환되고 있음을 의미한다. 또한  $V_S/2$  유지구간을 제거함에 따라 충전구간 및 에너지 회수구간이 한 주기당 차지

하는 비율이 보다 낮아졌음을 알 수 있다.

제안한 그림 5의 회로를 그림 3의 회로와 비교해 보면 스위칭 소자가 4개, 다이오드가 4개, 보조커패시터가 2개 감소하여 회로구성이 간략화 되었음을 알 수 있다.

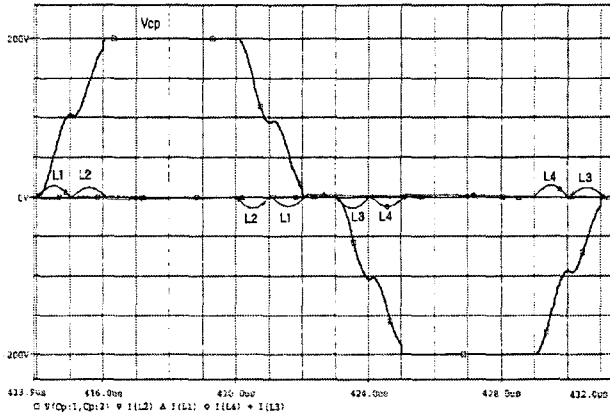


그림 8. 제안회로의 시뮬레이션 파형

## 5. 결 론

AC PDP에 있어서 에너지 회생회로는 필수적인 회로이다. 지금까지 개발된 여러 가지의 에너지 회생회로는 주로 에너지 회수율에 초점이 맞추어져 있었으나, 최근에 에너지를 충분히 회생하면서도 각 스위치 소자에 걸리는 전압 스트레스를 절감시켜 보다 저렴한 스위칭 소자를 사용하여 제작 단가를 낮추고 무효전력도 반으로 줄일 수 있는 멀티레벨 AC PDP 구동장치가 개발되었다.

본 연구에서는 기존의 멀티레벨 구동회로에서 스위칭 소자 4개, 다이오드 4개, 보조커패시터 2개를 적게 사용한 새로운 멀티레벨 구동회로를 제안하였다. 제안한 새로운 회로는  $V_s/2$  유지구간을 삭제함으로써 해당 유지구간의 하드 스위칭을 제거하였다. 또한 한 주기당 방전 유지구간이 차지하는 구간을 보다 길게 설계하였다. 그리고 시뮬레이션을 통하여 제안한 회로의 에너지 회생 성능을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] L. F. Weber and K. W. Warren, "Power Efficient Sustain Drivers and Address Drivers for Plasma Panel", U. S. Patent 5,081,400, Jan. 1992.
- [2] T. Sakai et al., "TV Display System Using Two-Line-at-a-Time Addressing Gas-Discharge Color Panel," Trans. IECE, Vol. 62-B, No. 10, pp. 893-899, 1979.
- [3] Chung-Wook Roh and Myung-Joong Youn, "Multilevel Voltage Wave-Shaping Display Driver for AC Plasma Display Panel Application", IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 38, No. 6, June 2003.
- [4] Chen-Chang Liu, Horng-Bin Hsu, Shin-Tai Lo, and Chern-Lin Chen, "An Energy Recovery Sustaining Driver with Discharge Current Compensation for AC Plasma Display Panel", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 48, No. 2, April 2001.