

유지구동전압 반감형 AC PDP용 에너지 회수 구동회로의 구현

임승범, 고영민, 정대택, 홍순찬  
 단국대학교 전기공학과

Implementation of an Energy Recovery Sustaining Driver for AC PDPs  
 with Reduced Sustain Voltage by Half

Seung-Bum Lim, Young-Min Ko, Dae-Taek Chung, and Soon-Chan Hong  
 Dept. of Electrical Eng., Dankook University

**Abstract** - We proposed a new sustaining driver for AC PDPs with reduced sustain voltage by half, which cope with the demerits of the conventional TERES circuit. In the proposed circuit, the number of active switching elements are smaller than the TERES circuit by two and the energy recovery circuit is added. In this paper, the proposed circuit is implemented with control circuits and its validity is verified by the experimentation.

1. 서 론

AC PDP(Plasma Display Panel)는 큰 화면과 얇은 두께, 넓은 시야각 그리고 우수한 동화상 재현능력의 장점으로 인해 관심이 높아지고 있으나 소비전력이 크고 구동전압이 높으며 가격이 비싸다는 단점이 있다<sup>[1]</sup>. 소비전력을 낮추기 위해서 PDP 구동회로에는 에너지 회수회로가 필요하다<sup>[2]-[4]</sup>. 그리고 유지 구동전압을 낮추면 회로의 스위치에 걸리는 전압 정격 역시 낮아지기 때문에 저가격, 고성능의 스위치 소자를 사용할 수 있으므로 구동회로의 가격을 낮추고 성능을 높일 수 있다<sup>[5]</sup>. 최근 PDP의 유지구동전압을 반감시키는 TERES회로가 제안되었으나 이 회로에는 에너지 회수회로가 없다는 단점이 있다<sup>[6]</sup>.

본 논문에서는 에너지 회수가 가능한 유지구동전압 반감형 AC PDP 구동회로를 구현하고 실험을 통하여 유용성을 입증한다.

2. 에너지 회수가 가능한 AC PDP 구동회로

AC PDP는 방전 조건을 맞추기 위해서 Y전극에  $V_s$ 의 전압을 인가할 때 X전극은 접지 전위를 인가하고, X전극에  $V_s$ 전압을 인가할 때 Y전극은 접지 전위를 인가하여 패널 커패시터  $C_p$ 에  $+V_s$ 와  $-V_s$ 를 교대로 인가하는 방식이 일반적이다. 이에 비해 유지구동전압 반감형 구동회로에서는 Y전극에  $+V_s/2$ 의 전압을 인가할 때 X전극에  $-V_s/2$ 를 인가하고, X전극에  $+V_s/2$ 를 인가할 때 Y전극에  $-V_s/2$ 를 인가하여  $C_p$ 에  $+V_s$  또는  $-V_s$ 를 인가하여 패널을 방전시키게 된다.

그림 1은 TERES회로에서 능동스위칭소자 2개를 줄여 회로를 개선하고  $C_p$ 의 위와 아래에 각각 스위칭소자, 다이오드, 인덕터로 구성된 에너지 회수회로를 추가하여 소비전력을 낮춘 유지구동전압 반감형 AC PDP용 구동회로이다<sup>[7]</sup>. 그림 1에서  $C_p$ 는 AC PDP를 등가화한 커패시턴스이다.

회로에 가해지는 스위칭 신호와 패널 커패시터 양단 전압 파형 및 인덕터 전류의 개형은 그림 2와 같다.

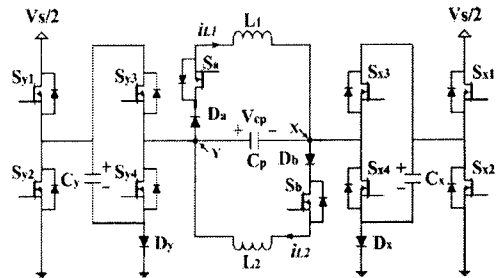


그림 1 유지구동전압 반감형 구동회로  
 Fig. 1 Sustaining Driver with the reduced voltage by half

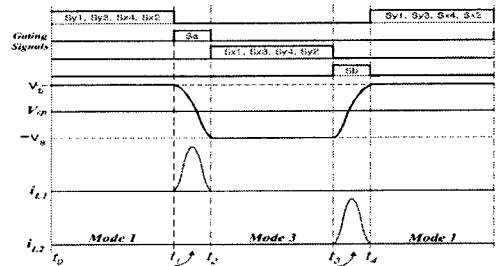


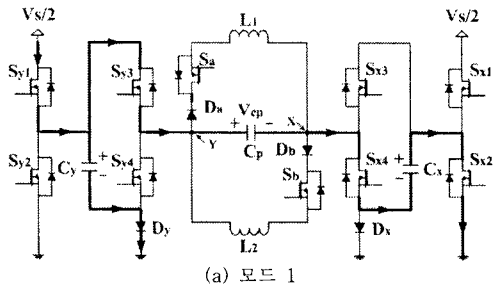
그림 2 게이트 신호와 파형  
 Fig. 2 Gate signals and waveforms

유지구동전압 반감형 구동회로는 다음과 같이 주기 당 4개의 모드로 동작하며, 좌우대칭이기 때문에 반주기 2개의 모드가 끝나면 나머지 2개의 모드가 동일한 방식으로 동작한다.

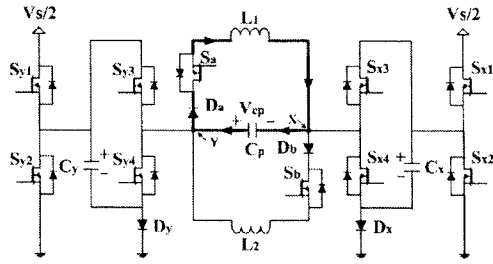
1) 모드 1 ( $t_0 \sim t_1$ , 방전 유지 구간)

$S_{y1}$ ,  $S_{y3}$ 와  $S_{x2}$ ,  $S_{x4}$ 가 턴오프되면서 모드 1이 시작되며, 전류경로는 그림 3(a)와 같다. 모드 1에서 Y전극의 전위는  $+V_s/2$ 가 되며 동시에  $C_p$ 를  $+V_s/2$ 로 충전시킨다. 이때 X전극은 선행 모드에서  $+V_s/2$ 로 충전되어 있던  $C_x$ 의 (+)단자가  $S_{x2}$ 를 통해 접지되고 (-)단자는  $S_{x4}$ 를 통해 X전극에 연결되므로 X전극의 전위는  $-V_s/2$ 가 된다. 따라서 패널 커패시터에는  $+V_s$ 가 인가된다. 이때 선행 모드에서  $C_p$ 가  $+V_s$ 로 충전되어 있으므로 구동회로의 스위칭소자는 영전압 스위칭이 이루어진다. 전원이 인가되면 방전이 시작되며, 패널 전압은  $V_{cp} = V_s$ 이다.

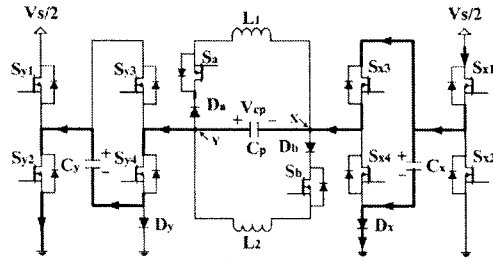
모드 1에서  $S_{x2}$ 가 도통상태이므로  $D_2$ 는  $C_x$ 의 전압극성에 의해 오프상태를 유지한다.



(a) 모드 1



(b) 모드 2



(c) 모드 3

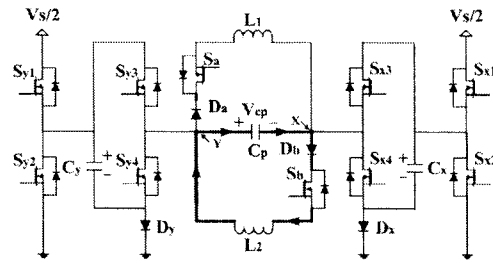


그림 3 모드별 동작

Fig. 3 Operations for each mode

2) 모드 2 ( $t_1 \sim t_2$ , 에너지 회수 및 투여 구간)

모드 1에서 동작한 스위치를 모두 턴오프시키고 보조 회로의  $S_6$ 를 턴온시키면 그림 3(b)에 나타낸 것과 같이 모드 2가 시작되며  $S_6$ 는 영전류 스위칭 동작을 한다. 이때  $L_1$ 과  $C_p$  사이에 LC공진을 시작하면서 패널 에너지의 회수와 투여가 이루어진다. 따라서 전류는 그림 3(b)의 전류 경로를 따라 흐르면서 X전극과 Y전극의 극성이 서로 바뀌게 된다. 공진 반주기가 되어  $i_{L1}$ 이 0이 되는 순간  $S_6$ 를 턴오프시키면 모드 2가 종료된다.

모드 2에서의 전압  $V_{cp}$ 와 전류  $i_{L1}$ 은 다음과 같다.

$$V_{cp} = V_s \cdot \cos \omega t \quad (1)$$

$$i_{L1}(t) = \frac{V_s}{\sqrt{L_1/C_p}} \sin \omega t \quad (2)$$

$$\text{단, } \omega = 1/\sqrt{L_1 C_p}$$

3) 모드 3 ( $t_2 \sim t_3$ , 방전 유지 구간)

$S_6$ 가 턴오프되고  $S_{x1}$ ,  $S_{x3}$ 와  $S_{y2}$ ,  $S_{y4}$ 를 턴온시키면 그림 3(c)와 같이 모드 3이 시작되는데, 모드 1에서와 같은 동작 원리에 의해서 패널 커패시터에는  $-V_s$ 가 인가된다. 이때도 역시 스위칭소자는 영전압 스위칭이 이루어진다.

4) 모드 4( $t_3 \sim t_4$ , 에너지 회수 및 투여 구간)

$S_{x1}$ ,  $S_{x3}$ 와  $S_{y2}$ ,  $S_{y4}$ 가 턴오프된 후에  $S_6$ 를 턴온시키면 그림 3(d)와 같이 모드 4가 시작되며, 모드 2와 동일한 원리로 패널 커패시터의 X전극과 Y전극의 극성을 맞바꿔준다. 이때도  $S_6$ 는 영전류 스위칭 동작을 한다.  $L_1$ 과  $L_2$ 를 같은 값으로 설계하면 공진주파수가 동일하다.

3. 시뮬레이션

유지구동전압 반감형 구동회로의 유용성을 입증하기 위하여 PSpice를 사용하여 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션에 사용한 파라미터는 다음과 같다.

$$V_s/2 = 80\text{Vdc}, C_p = 22\text{nF}, L_1 = L_2 = 4.6\mu\text{H}$$

$$C_x = C_y = 2.2\mu\text{F}, f_s = 100\text{kHz}$$

그림 4는 구동회로를 시뮬레이션한 결과로서 위로부터 인덕터  $L_1$ ,  $L_2$ 의 전류  $i_{L1}$ ,  $i_{L2}$ , 패널 커패시터 Y전극과 접지 사이 및 X전극과 접지 사이의 전압  $V_Y$  및  $V_X$ , 그리고 패널 커패시터 양단전압  $V_{Cp}$ 의 파형이다.

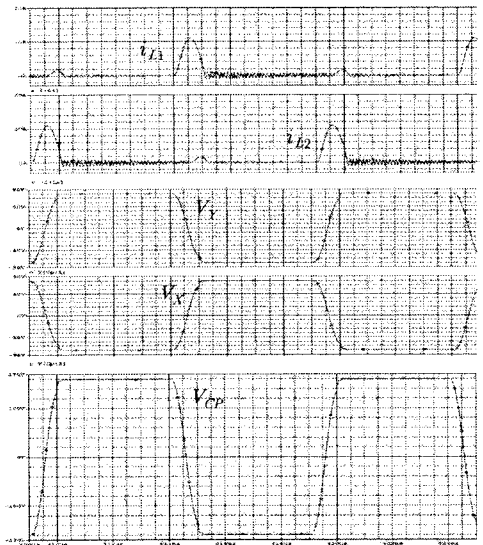


그림 4 시뮬레이션 결과  
Fig. 4 Simulation results

4. 시스템의 구성

그림 1의 회로를 구성하기 위해 스위칭 소자로는 IXYS사의 IXTQ69N30P, 다이오드로는 IXYS사의 DSEC 60-06A를 사용하였으며, 인덕터는 동부정밀화학(주)의 센터스트 코어에 권선을 감아 사용하였다.

스위칭 소자의 게이트 신호를 구현하기 위하여 그림 5와 같이 Altera사의 EPM7064SLC44-10 칩을 사용하였으며, 게이트 신호를 받아 스위칭소자를 구동하기 위하여 그림 6과 같이 IR사의 IR2110를 사용하여 게이트 드라이버를 구성하였다.

그림 7은 Altera사의 개발 툴인 MAX plus II를 이용하여 프로그램한 게이팅 신호의 출력 파형이며 그림 2의

스위칭 신호와 같음을 알 수 있다.

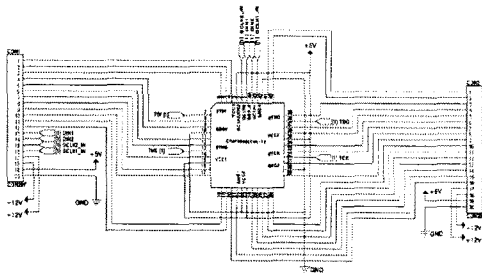


그림 5 신호발생장치  
Fig. 5 Signal generator

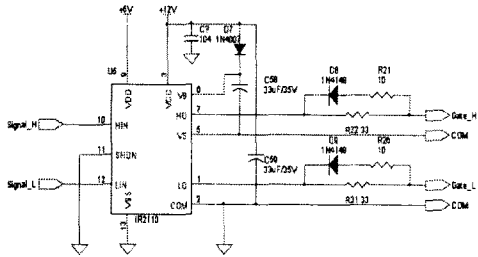


그림 6 게이트 드라이버  
Fig. 6 Gate driver

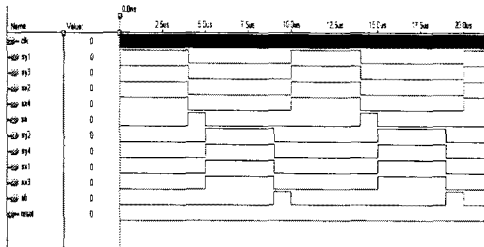


그림 7 게이팅 신호  
Fig. 7 Gating signals

### 5. 실험결과 및 검토

시뮬레이션할 때의 파라미터와 동일한 값으로 시스템을 구성하고 실험하였다.

그림 8은 유지구동전압 반감형 구동회로를 실험한 파형으로서 위로부터 Y전극과 접지 사이 및 X전극과 접지 사이의 전압  $V_Y$ ,  $V_X$ 와 패널 커패시터  $C_p$ 의 양단 전압  $V_{CP}$ 의 파형이다.

가장 아래의  $V_{CP}$  파형을 살펴보면 구동회로의 인가전압이 80V임에도 패널 커패시터에 +160V 및 -160V가 제대로 인가되고 있음을 알 수 있다.

또한 패널 커패시터의 충전 에너지를 LC공진을 이용하여 회수 및 투여가 연이어 이루어지도록 하였으므로 구동회로의 스위칭소자는 모드 1, 3에서는 영전압 스위칭 동작을 하고 모드 2, 4에서는 영전류 스위칭 동작을 하여 스위칭 손실이 저감된다.

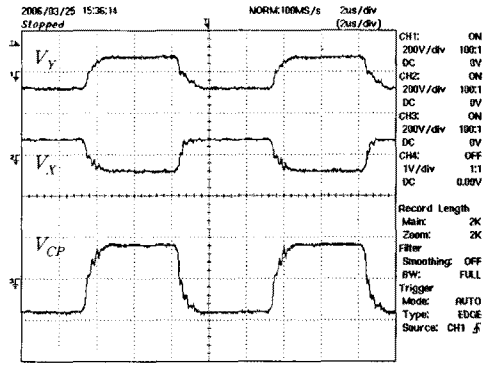


그림 8 실험 결과  
Fig. 8 Experiment results

### 6. 결론

본 논문에서는 TERES회로를 개선하고 에너지 회수회로를 추가한 유지구동전압 반감형 구동회로를 구현하고 실험을 통하여 유용성을 입증하였다.

유지구동전압 반감형 구동회로는 방전유지구간 사이에 패널 커패시터에 충전되어 있던 에너지를 회수하고 연이어 반대방향으로 충전하므로 패널의 X전극과 Y전극의 극성을 맞바꿔준다. 이러한 과정을 거치면서 무효전력을 회수하므로 소모전력을 줄일 수 있다. 그리고 패널 커패시터의 전압이 유지구동전압과 일치하도록 선행 모드에서 충전시켜 놓기 때문에 스위칭소자에서 영전압 스위칭 또는 영전류 스위칭이 이루어지며, 이로 인하여 스위칭 소자에서의 스위칭손실이 저감된다.

또한 유지구동전압을 반으로 줄였기 때문에 스위칭 소자의 전압정격 역시 반으로 줄일 수 있다. 반도체 스위칭소자는 전압정격이 낮을수록 가격이 낮아지고 주파수 특성이 향상되므로 구동회로의 가격을 낮추고 성능을 개선할 수 있다.

### [참고 문헌]

- [1] 유종걸, 홍순찬, "AC PDP용 NPC 타입 밀터레벨 에너지 회수회로에 관한 연구", 전력전자학회 논문지, 제10권, 제2호, pp. 194-202, 2005. 4.
- [2] Larry F. Weber, "Measurement of Wall Charge and Capacitance Variation for a Single Cell in AC Plasma Display Panel", IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 24, No. 7, pp. 864-869, July 1977.
- [3] 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.
- [4] T. Sakai and T. Kojima, "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.
- [5] Heiju Uchiike, "液晶は動畫表示を磨くPDPは低消費電力で對抗", Nikkei Electronics, pp. 110-118, 2002. 11.
- [6] T. Kishi et al, "A New Driving Technology for PDPs with Cost Effective Sustain Circuit", SID'01 Digest, pp. 1236-1239, 2001.
- [7] 임승범, 조필용, 채수용, 강경우, 유종걸, 고종선, 홍순찬, "새로운 유지구동전압 반감형 AC PDP 구동회로", 전력전자학술대회 논문집, pp. 452-455, 2005.