

## 새로운 유지구동전압 반감형 AC PDP 구동회로

임승범, 조필용, 채수용, 강경우, 유종걸, 고종선, 홍순찬  
단국대학교 전기공학과

### A New Sustaining Driver for AC PDPs with Reduced Sustain Voltage by Half

Seung-Bum Lim, Pil-Yong Cho, Soo-Yong Chae, Kyoung-Woo Kang,  
Jong-Gul Yoo, Jong-Sun Ko, and Soon-Chan Hong

Dept. of Electrical Eng., Dankook University

#### ABSTRACT

This paper proposes a new sustaining driver for AC PDP(Plasma Display Panel), which improves the performance of conventional circuit with reduced sustain voltage such as TERES(TEchnology of REciprocal Sustainer). In the TERES circuit, the sustain voltage is the half of general sustaining driver and there is no energy recovery circuit. The circuit proposed in this paper has an energy recovery circuit and removes surge currents. Although the energy recovery circuit is added, the number of active switching elements is the same as the TERES circuit. The operations of the proposed circuit are analyzed for each mode and its validity is verified by the simulations using PSpice program.

#### 1. 서론

AC PDP(Plasma Display Panel)는 얇으면서 큰 화면, 우수한 동화상 재현 능력, 그리고 높은 화질 등의 장점으로 인해 차세대 디스플레이 장치로서 자리를 잡아가고 있다. 그러나 AC PDP는 소비전력이 높고 가격이 비싸다는 단점을 가지고 있다<sup>[1]</sup>.

AC PDP에 흐르는 전류는 용량성 부하에 의한 변위전류(displacement current)와 발광시 흐르는 방전전류(discharge current)로 나뉘어지는데, 구동회로를 설계할 때 AC PDP를 용량성 부하로 고려하고 설계하는 것이 가능하므로 AC PDP를 등가 커패시턴스  $C_p$ 로 간주할 수 있다.

AC PDP 구동회로의 유지구동전압을 대폭 낮추면 전압 정격이 낮은 저가격의 스위칭소자를 사용

할 수 있으므로 AC PDP용 구동회로를 경제적으로 제작할 수 있으며, 저전압 회로에 사용되는 고성능 스위칭소자를 사용할 수 있으므로 구동회로의 성능을 높이고 회로내 소모 전력을 줄일 수 있다<sup>[2]</sup>. 따라서 AC PDP 구동회로는 경제적인 면과 성능적인 면에서 스위칭소자의 전압 정격을 낮출 필요가 있는데, AC PDP의 발광에 필요한 전압을 낮추지 않고도 유지구동전압을 절반으로 낮출 수 있는 회로로 TERES(TEchnology of REciprocal Sustainer) 회로가 있다<sup>[3]</sup>.

본 논문에서는 기존의 유지구동전압 반감형 구동회로의 성능을 대폭 개선하고 효과적인 에너지 회수회로를 설치하여 무효전력을 회수할 수 있는 새로운 구조의 구동회로를 제안하고자 한다.

#### 2. TERES회로

AC PDP 구동회로는 가스방전 조건을 맞추기 위하여 Y전극에  $V_s$ 를 인가할 때 X전극은 접지전위를, X전극에  $V_s$ 를 인가할 때 Y전극을 접지시키는 것이 일반적이다. 그러나 TERES 회로에서는 X전극에  $+V_s/2$ 를 인가할 때 Y전극에는  $-V_s/2$ 를 인가하며, 다음 반주기에서 X전극에  $-V_s/2$ 를 인가할 때 Y전극에는  $+V_s/2$ 를 인가한다. 따라서 양쪽 모두 AC PDP에  $+V_s$  및  $-V_s$ 가 교대로 인가되어 가스발광이 이루어진다.

TERES회로는 그림 1과 같다. X측과 Y측이 대칭으로 동작하므로 Y측만을 설명하면 다음과 같다.

그림 1의 회로에서  $S_{31}$ 과  $S_{41}$ 를 턴온시키면 패널 커패시턴스의 Y전극에는  $+V_s/2$ 가 인가된다. 이때 보조커패시터  $C_y$ 를 충전시키기 위하여  $S_{32}$ 를 동시에 턴온시킨다. 다음 동작구간에서 스위칭소자  $S_{31}$ ,  $S_{32}$ ,  $S_{41}$ 를 턴오프시키고  $S_{33}$ 와  $S_{34}$ 를 턴온시키면  $V_s/2$ 로 충전된 보조 커패시터의 (+)전극이 접지 전

위로 연결되므로 패널 커패시턴스의 Y전극에는  $-V_s/2$ 가 인가된다. Y전극에  $+V_s/2$  전압과  $-V_s/2$  전압이 인가될 때 X전극에는 이와 반대 극성이 인가되도록 스위칭소자를 Y축 회로와 대칭으로 동작시킨다. 따라서 X전극과 Y전극의 전위차는  $V_s$ 가 되고 가스발광 조건을 충족시키게 된다.

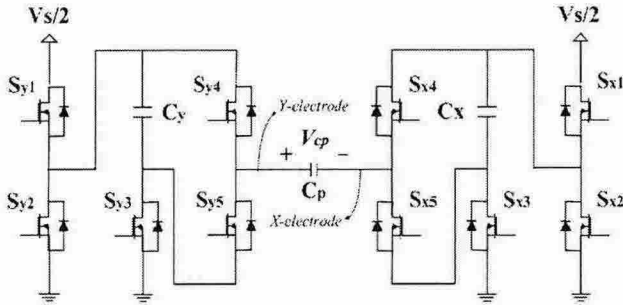


그림 1 TERES 회로  
Fig. 1 TERES circuit

TERES 회로에는 에너지 회수회로가 없으므로 많은 무효전력이 발생하여 소비전력이 높고 그에 따른 방열 등의 문제가 발생한다. 또한 영전압 스위칭이 이루어지지 않아 스위칭소자 내에 과도한 서지 전류가 흘러 스위칭소자의 수명이 짧아지며 EMI 문제가 발생할 수 있다.

### 3. 제안한 AC PDP 구동회로

본 논문에서는 그림 2와 같은 새로운 AC PDP 구동회로를 제안한다. 패널 커패시턴스의 좌측과 우측에 각각 4개의 스위칭소자, 1개의 커패시터 및 다이오드 1개를 설치하여 패널에 전압을 인가하도록 하였다. 그리고 패널 커패시턴스의 충전에너지를 회수하기위하여 스위칭소자, 다이오드, 인덕터 각 2개로 구성된 에너지 회수회로를 설치하였다.

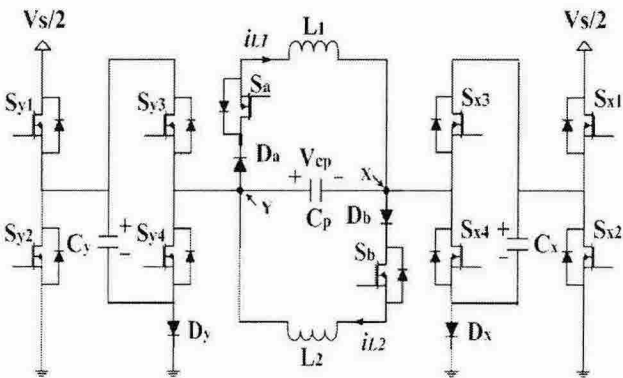


그림 2 제안 회로  
Fig. 2 Proposed circuit

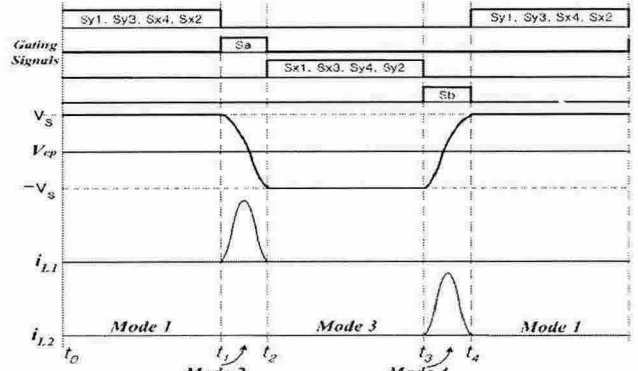


그림 3 제안 회로의 게이트 신호와 파형  
Fig. 3 Gate signals and waveforms of the proposed circuit

그림 2의 회로에 가해지는 스위칭 신호와 인덕터 전류 및 패널의 양단전압 파형의 개형은 그림 3과 같다.

제안 회로는 주기당 4개 모드로 동작하도록 설계 하였으며, 모드별 동작은 다음과 같다.

#### 1) 모드 1 ( $t_0 \sim t_1$ , 방전유지구간)

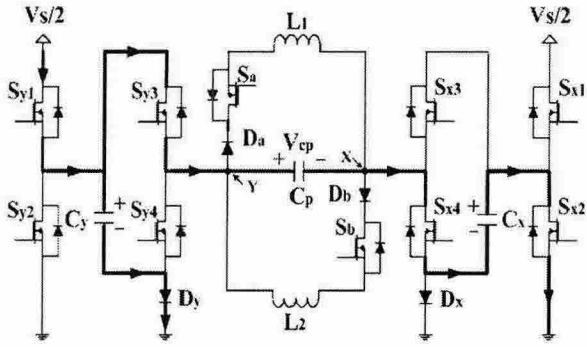
$S_{y1}$ ,  $S_{y3}$ 와  $S_{x2}$ ,  $S_{x4}$ 가 턴온되면서 모드 1이 시작되며, 전류경로는 그림 4(a)와 같다. 모드 1에서 Y 전극의 전위는  $+V_s/2$ 가 되며 동시에  $C_y$ 를  $+V_s/2$ 로 충전시킨다. 이때 X전극은 선행 모드에서  $+V_s/2$ 로 충전되어 있던  $C_x$ 의 (+)단자가  $S_{y2}$ 에 의해 접지로 연결되고 (-)단자는  $S_{x4}$ 를 통해 X전극에 연결되므로 X전극의 전위는  $-V_s/2$ 가 된다. 따라서 패널 커패시턴스에는  $+V_s$ 가 걸리는데, 이때 선행 모드에서  $C_y$ 가  $+V_s$ 로 충전되어 있으므로 구동회로의 스위칭소자는 영전압 및 영전류 스위칭이 이루어진다. 전원이 인가되면 방전이 시작되며, 패널 전압은  $V_{cp} = V_s$ 이다.

모드 1에서  $S_{y2}$ 가 도통상태이므로  $D_x$ 는  $C_x$ 의 전압극성에 의해 오프상태를 유지한다.

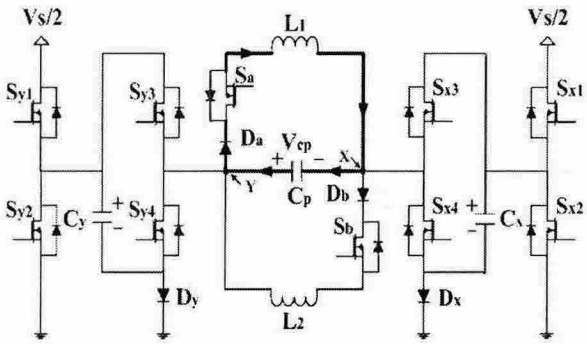
#### 2) 모드 2 ( $t_1 \sim t_2$ , 에너지 회수 및 투여 구간)

회로 내의 모든 스위치가 턴오프된 상태에서 보조회로의  $S_a$ 를 턴온시키면 그림 4(b)에 나타난 것과 같이 모드 2가 시작된다. 이때  $L_1$ 과  $C_p$  사이에 LC공진을 시작하면서 패널 에너지의 회수와 투여가 이루어진다. 따라서 전류는 그림 4(b)의 전류 경로를 따라 흐르면서 X전극과 Y전극의 극성이 서로 맞바뀐다. 공진 반주기가 되어  $i_L$ 이 0이 되는 순간  $S_a$ 를 턴오프시키면 모드 2가 종료된다.

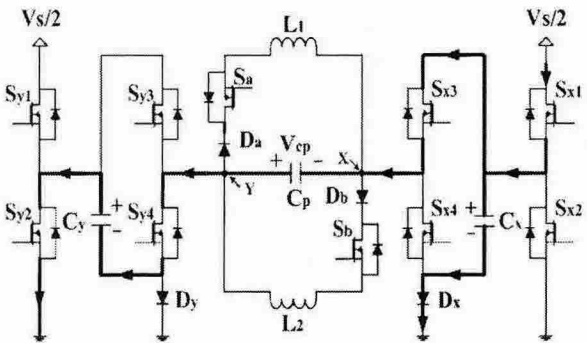
모드 2에서의 전압  $V_{cp}$ 와 전류  $i_L$ 은 다음과 같다.



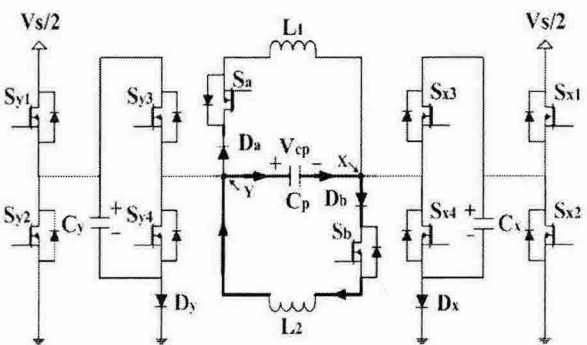
(a) 모드 1



(b) 모드 2



(c) 모드 3



(d) 모드 4

그림 4 제안회로의 모드별 동작

Fig. 4 Operations of the proposed circuit for each mode

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

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

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

3) 모드 3 ( $t_2 \sim t_3$ , 방전유지구간)

$S_d$ 가 턴오프되고  $S_a, S_b$ 와  $S_c, S_d$ 를 턴온시키면 그림 4(c)와 같이 모드 3이 시작되는데, 모드 1에서와 같은 동작 원리에 의해서 패널 커패시터에는  $-V_s$ 가 인가된다. 선행 모드에서  $C_p$ 가  $-V_s$ 로 충전되어 있으므로 구동회로의 스위칭소자에서 영전압 및 영전류 스위칭이 이루어져 과도한 서지 전류의 발생을 방지한다. 모드 3에서 보조 커패시터  $C_x$ 는  $+V_s/2$ 로 충전되며,  $D_y$ 는  $S_b$ 가 도통상태이므로  $C_y$ 의 극성에 의해 오프상태를 유지한다. 패널 커패시터  $C_p$ 의 전압은  $V_{cp} = -V_s$ 이다.

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

$S_d, S_b$ 와  $S_c, S_d$ 가 턴오프된 후에  $S_b$ 를 턴온시키면 그림 4(d)와 같이 모드 4가 시작되며, 모드 2와 동일한 원리로 패널 커패시터의 X전극과 Y전극의 극성을 맞바꿔준다. 따라서 모드 4가 끝나면 패널 커패시터의 전압은  $+V_s$ 가 된다. 그림 2에서  $L_1$ 과  $L_2$ 는 같은 값으로 설계하였으며, 따라서 모드 2와 모드 4에서의 공진 각주파수는 동일하다. 모드 4에서의  $V_{cp}$ 와  $i_{L2}$ 는 다음과 같다.

$$V_{cp} = -V_s \cdot \cos \omega t \quad (3)$$

$$i_{L2}(t) = \frac{V_s}{\sqrt{L_2/C_p}} \sin \omega t \quad (4)$$

제안한 회로를 구조적인 측면에서 살펴보면,  $V_{cp}$ 의 에너지를 회수하고 반대 방향으로 에너지를 투여하기 위하여 다이오드, 스위칭소자, 인덕터로 구성된 에너지 회수회로를 추가하였다. 제안 회로는 기존의 TERES회로에 에너지 회수회로를 추가하였음에도 불구하고 능동 스위칭소자의 수가 동일하며 다이오드와 인덕터를 추가하여 회로의 성능을 개선하였다.

#### 4. 시뮬레이션

제안한 구동회로의 유용성을 입증하기 위하여 PSpice를 사용하여 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션에 사용한 파라미터는 다음과 같으며, 스위칭소자의 온·오프 시간은 그림 3의 게이트 신호와 같이 구성하였다.

$$V_g/2 = 80\text{Vdc}, C_p = 80 \mu\text{F}, L_1 = L_2 = 1.3 \mu\text{H}$$

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

그림 5는 본 논문에서 제안한 구동회로를 시뮬레이션한 결과로서 위로부터 인덕터  $L_1, L_2$ 의 전류  $i_{L1}, i_{L2}$ , 패널 커패시턴스 Y전극과 접지 사이 및 X전극과 접지 사이의 전압  $V_Y$  및  $V_X$  그리고 패널 커패시턴스 양단전압  $V_C$ 의 파형이다. 가장 아래의  $V_C$  파형은  $V_Y, V_X$ 의 형태를 보이므로 구동회로의 입력전압으로 80V를 인가해도 패널 커패시턴스에 인가되는 전압이 +160V 및 -160V가 됨을 알 수 있다.

또한 패널 커패시턴스의 충전 에너지를 LC공진을 이용하여 회수 및 투여가 동시에 이루어지도록 하였으므로 구동회로의 스위칭소자는 영전압 및 영전류 스위칭이 이루어진다.

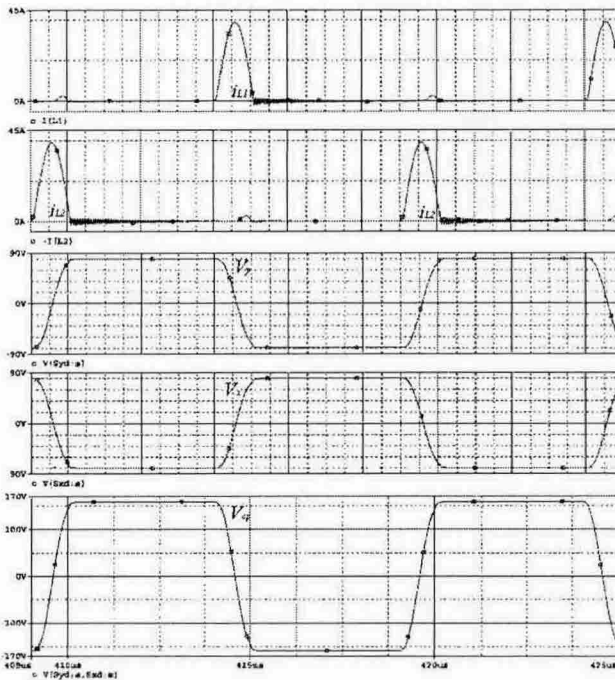


그림 5 제안 회로의 시뮬레이션 결과  
Fig. 5 Simulation results of the proposed circuit

## 5. 결론

본 논문에서는 기존의 유지구동전압 반감형 구동회로에 에너지 회수회로를 추가하고 성능을 개선한 새로운 구동회로를 제안하였다.

제안 회로는 유지구동구간 사이에 패널 커패시턴스에 충전되어있던 에너지를 회수하고 동시에 충전하므로 패널의 X전극과 Y전극의 극성을 맞바꿔준다. 이러한 과정을 거치면서 무효전력을 회수하

로 소모 전력을 줄일뿐만 아니라, 패널 커패시턴스의 전압이 유지구동 전압과 일치하도록 선행 모드에서 충전시켜 놓기 때문에 유지구동 전압이 인가되는 순간 스위칭소자에서 영전압 및 영전류 스위칭이 이루어진다.

영전압 및 영전류 스위칭이 이루어지면 스위칭소자 내의 과도한 서지전류가 제거되므로 스위칭소자의 전류정격을 대폭 줄일 수 있다. 그리고 서지 전류에 의한 스위칭소자의 수명 단축과 발열 현상을 개선할 수 있다.

제안한 구동회로는 PSpice를 이용한 시뮬레이션을 통해 유용성을 입증하였다.

## 참고 문헌

- [1] 유종걸, 홍순찬, "AC PDP용 NPC 타입 멀티레벨 에너지 회수회로에 관한 연구", 전력전자학회 논문지, 제10권, 제2호, pp. 194-202, 2005. 4.
- [2] 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.
- [3] T. Kishi et al, "A New Driving Technology for PDPs with Cost Effective Sustain Circuit", SID 01 Digest, pp. 1236-1239, 2001.
- [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.