

새로운 AC PDP용 멀티레벨 에너지 회수회로

(A Novel Multi-Level Type Energy Recovery Sustaining Driver for AC Plasma Display Panel)

정우창 · 강경우 · 유종걸 · 홍순찬*

(Woo-Chang Jung · Kyoung-Woo Kang · Jong-Gul Yoo · Soon-Chan Hong)

요 약

본 연구는 AC PDP(Plasma Display Panel)용 멀티레벨 에너지 회수회로에 관한 연구로서, 기존 멀티레벨 구동회로의 문제점을 해결한 새로운 멀티레벨 구동회로를 제안한다. 기존 멀티레벨 구동회로는 Weber회로에서 나타나는 스위칭 소자의 전압 및 전류 스트레스를 개선하였지만 공진 인덕터와 기생 커패시턴스에 의한 기생공진전류가 존재하고 하드스위칭이 발생하며 또한 천이구간이 다소 긴 문제점이 있다. 제안 회로는 사용소자의 수를 줄여 회로를 간단히 하였으며, 기생공진전류를 제거하여 회로 동작의 안정성을 높였다. 또한 CIM(Current Injection Method)을 사용하여 하드스위칭 문제를 해결하였으며 $V_s/2$ 유지구간을 제거하여 동작주파수를 증가시킬 수 있도록 하였다. 제안 회로의 유용성을 입증하기 위해 모드별로 동작을 해석하였으며, PSpice 프로그램을 이용하여 시뮬레이션하고 그 결과를 확인하였다.

Abstract

This paper proposes a novel multi-level energy recovery sustaining driver for AC PDP(Plasma Display Panel), which solves the problems of the conventional multi-level sustaining driver. While the conventional circuit improves the voltage and current stress of the switching elements in Weber circuit, not only there are parasitic resonant currents between resonant inductors and parasitic capacitance and hard switching, but also the changing period between 0 and sustain voltage is too long. Comparing the proposed circuit with the conventional circuit, the number of components are reduced and the parasitic resonant currents in resonant inductors are eliminated. Moreover the hard switching problem is solved by using CIM(Current Injection Method) and the operating frequency will be high as much as possible by removing $V_s/2$ sustain period. And the circuit operations of the proposed circuit are analyzed for each mode and the validity is verified by the simulations using PSpice program.

Key Words : PDP, Multi-Level Energy Recovery Circuit, Parasitic Resonant Current

* 주저자 : 단국대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

Tel : 02-709-2577, Fax : 02-796-2973

E-mail : schong@dankook.ac.kr

접수일자 : 2005년 3월 14일

1차심사 : 2005년 3월 21일

심사완료 : 2005년 4월 28일

1. 서 론

PDP는 고압 전극에 의한 기체 방전 시 발생하는

새로운 AC PDP용 멀티레벨 에너지 회수회로

플라즈마로부터 나오는 빛을 이용하여 문자나 동영상을 표시하는 디스플레이 소자이다. 부피와 무게 그리고 크기의 제한 등 여러 가지 단점을 지니는 CRT TV는 여러 종류의 평판 디스플레이에게 그 자리를 내어주고 있다. 그 중 PDP TV는 화면의 크기, 휘도, 콘트라스트, 시야각 및 동화상 재현능력 등의 많은 장점을 갖고 있으나 CRT에 비해 소비전력과 가격이 높은 단점이 있으며 이를 해결하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다.

PDP는 AC형과 DC형이 있는데 현재는 전극이 보호되어 수명이 긴 AC형이 PDP를 대표하게 되었으며, 따라서 본 논문에서는 AC PDP를 대상으로 회로를 설계한다.

높은 소비전력 문제를 해결하기 위해 많은 종류의 에너지 회수회로가 제안되었는데, 대표적으로 Weber회로[1]와 Sakai 회로[2]가 개발되었다. 이후 구동회로에 사용된 스위칭소자의 전압스트레스를 대폭 저감시킴으로써 보다 낮은 전압정격 및 그에 따른 낮은 가격의 보급형 스위칭소자를 사용할 수 있도록 한 멀티레벨 에너지 회수회로가 개발되었다 [3]. 이외에 구동회로 내 하드스위칭 문제를 해결하기 위한 CIM[4] 등이 개발되었다.

AC PDP는 지속적인 셀의 발광을 위한 서스테인 회로와 무효전력을 줄이기 위한 에너지 회수회로가 필수적이다[5]. AC PDP에 흐르는 전류는 변위전류(displacement current)와 방전전류(gas discharge current)로 구별되는데, 에너지 회수회로를 설계할 때 변위전류만을 고려하고 설계하는 것이 가능하므로 AC PDP를 등가 커패시턴스 C_p 로 취급하는 것이 가능하다[5].

그림 1과 같이 Weber회로는 좌우 대칭구조로 이루어져 있으며, $M_1 \sim M_4$ 로 구성되는 중앙의 풀브리지 회로가 AC PDP 구동을 위한 주 회로이고 $M_5 \sim M_8$, L_1 및 L_2 그리고 C_2 및 C_3 로 구성되는 양 옆의 회로가 에너지를 회수하기 위한 에너지 회수회로이다. Weber회로에서는 보조 커패시터에 저장된 에너지를 패널 커패시턴스로 투여할 때 기생저항과 도통손실로 인해 패널 커패시턴스의 전압을 유지 발광전압 V_s 까지 충분히 상승시키지 못하는데, 이때 가스방전을 위한 구동 스위치가 켜지면 V_s 와의 전위차

로 인해 하드스위칭이 발생한다. 그리고 회로 내 스위칭 소자의 전압스트레스를 저감하기 위해 멀티레벨 구동회로가 제안되었는데, AC PDP 유지구동 회로의 스위칭 소자에 인가되는 전압 스트레스를 감소시키면 사용 스위칭 소자의 가격은 보다 큰 폭으로 낮아진다[3].

그러나 기존의 멀티레벨 구동회로는 하드스위칭 문제가 남아있고, 에너지 투여 및 에너지 회수 구간에서 기생 공진전류가 흘러 AC PDP의 동작 성능을 떨어트리는 문제가 있다. 또한 $V_s/2$ 유지구간이 존재함으로써 동작파형의 한 주기가 길어지는 단점이 있다.

본 연구에서는 기존의 멀티레벨 에너지 회수회로에 비해 부품수를 줄여 회로를 간단히 하고, $V_s/2$ 유지구간을 제거해 에너지 투여구간 및 에너지 회수구간을 짧게 해 동작주기를 최소화 하며, CIM(Current Injection Method)을 적용하여 하드스위칭 문제를 해결한 새로운 방식의 AC PDP용 멀티레벨 에너지 회수회로를 제안한다.

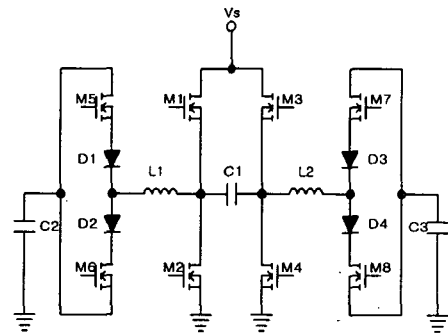


그림 1. Weber 회로
Fig. 1. Weber circuit

2. 멀티레벨 구동회로

Weber의 에너지 회수회로는 3레벨로 동작하는데, 몇 개의 Weber회로를 중첩하여 동작시키면 그 이상의 레벨로 동작시키는 것이 가능하다. 이렇게 레벨을 증가시키면 보다 낮은 전압정격을 갖는 스위칭 소자를 사용하여 회로를 구성하는 것이 가능하다. 회로를 5레벨로 동작시키면 각 스위칭 소자에 인가되는 전압 스트레스가 반으로 줄어든다. MOSFET

의 경우 전압정격이 낮을수록 도통손실이 낮아져서 에너지효율이 개선되며, 소자의 정격전압이 반으로 낮아져서 보다 낮은 가격의 스위칭 소자를 사용할 수 있게 됨으로써 PDP 구동회로의 제작단가를 낮출 수 있다.

그림 2는 기존의 멀티레벨 구동회로로서, 패널 커패시터를 중심으로 좌우 대칭구조이므로 왼쪽의 구동회로 side 1 sustain driver만 설명한다.

그림 3은 그림 2의 스위칭 소자에 인가되는 스위칭 신호와 인덕터 전류 파형 및 패널 양단의 전압 파형을 나타낸 그림이다. 그림 2의 왼쪽 구동회로는 8개 모드로 동작하고 다음 반주기에서는 오른쪽 구동회로 side 2 sustain driver가 역시 8개 모드로 동작하므로 회로는 한 주기에서 총 16개 모드로 동작한다. 이 회로에는 왼쪽과 오른쪽에 에너지 회수회로에 각각 4개씩의 보조 커패시터가 사용되는데 용량은 모두 동일하고 각각에 걸리는 전압은 $+Vs/4$ 로 균등하다.

회로의 기본 동작은 Weber회로와 동일하며, 왼쪽 구동회로가 동작하는 동안 오른쪽 구동회로는 접지되어 있다. 먼저 S_3 이 온되어 있는 상태에서 S_4 가 턴 오프되고 S_7 이 턴온되면서 C_4 의 에너지가 투입되면 패널 커패시터는 $Vs/2$ 로 1차 충전된다. 이어서 S_7 과 S_3 를 턴오프시키고 S_2 를 턴온시키면 패널 커패시터는 $Vs/2$ 를 유지한다. 이때 인덕터 L_1 에 흐르는 전류는 그림 3의 i_{L1} 과 같이 진동하면서 감소한다.

S_2 가 온상태를 유지하면서 S_5 를 턴온시키면 2차 충전이 시작되고, L_2 와 C_p 의 반주기 공진후 패널 커패시터의 전압이 Vs 근처까지 상승하면 S_5 를 턴 오프시키고 S_1 을 턴온시켜 패널 커패시터의 전압을 Vs 로 유지시킨다. 이때 가스방전이 이루어지며 벽전하가 누적된다. 이 구간에서도 1차 충전 구간과 마찬가지로 그림 3의 i_{L2} 파형과 같이 L_2 에 흐르는 전류가 진동하며 감소한다. 이와 같이 L_1 및 L_2 에 흐르는 기생공진전류는 실제의 회로에서 오동작을 유발할 수 있다.

유지구간이 끝나면 패널 충전의 역순으로 S_5 대신에 S_6 , S_7 대신에 S_8 를 동작시켜 패널 커패시터의 에너지를 회수하게 된다. 에너지 회수구간에서도 $Vs/2$ 유지구간이 존재하며, 1차 및 2차 에너지 회수 구간 직후에 에너지 투입 구간과 마찬가지로 인덕터

전류에 기생공진현상이 나타난다. 반주기 마지막에 패널 커패시터 양쪽을 동시에 접지시켜 전위를 GND 레벨로 만든다.

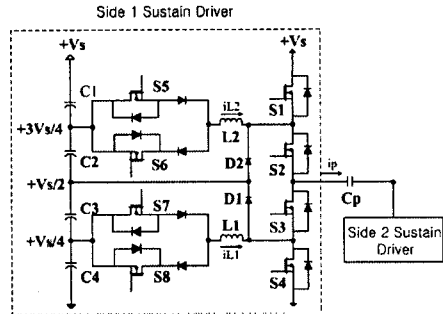


그림 2. 기존의 멀티레벨 구동회로
Fig. 2. Conventional multi-level sustain driver

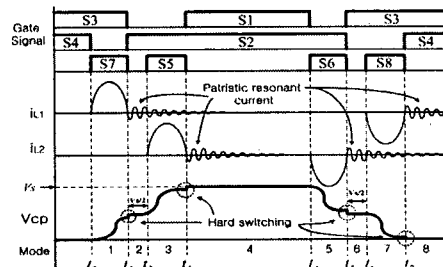


그림 3. 기존 멀티레벨 구동회로의 게이팅 신호 및 각부 파형
Fig. 3. Gating signals and waveforms of the conventional multi-level sustain driver

오른쪽 구동회로의 동작은 왼쪽과 동일하다. 그림 2의 멀티레벨 구동회로에서도 Weber회로보다 하드 스위칭 문제가 개선되기는 했지만 여전히 남아있다. 그리고 그림 3의 v_{cp} 파형에서와 같이 충전 시 2회, 방전 시 2회, 반 주기당 총 4회의 하드스위칭이 발생한다. 또한 충전 시와 방전 시에 $Vs/2$ 유지구간이 존재함으로써 그만큼 발광구간인 Vs 유지구간이 줄어드는 단점이 있다.

3. 제안한 에너지 회수회로

3.1 새로운 에너지 회수회로

본 논문에서는 그림 4와 같이 기존 멀티레벨 구동

새로운 AC PDP용 멀티레벨 에너지 회로

회로에서 8개의 스위칭 소자로 이루어진 중앙의 풀 브리지 회로를 4개의 스위칭 소자로 구성하고, 4개의 보조 커패시터 중 가운데 2개의 커패시터를 1개로 줄인 새로운 멀티레벨 구동회로를 제안한다.

회로에서 보조커패시터의 용량은 C_p 보다 훨씬 큰 값이며, 보조 인덕터의 용량은 모두 동일하다 ($L_1=L_2=L_3=L_4=L$). 또한 C_p 를 중심으로 회로의 좌측 부분이 동작하는 동안에는 S_2 가 턴온되어 있고, 우측 부분이 동작하는 동안에는 S_3 가 턴온되어 있다.

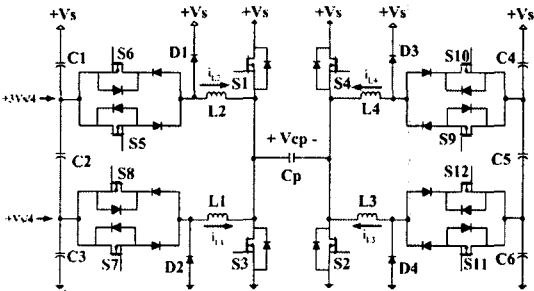


그림 4. 제안 회로
Fig. 4. Proposed circuit

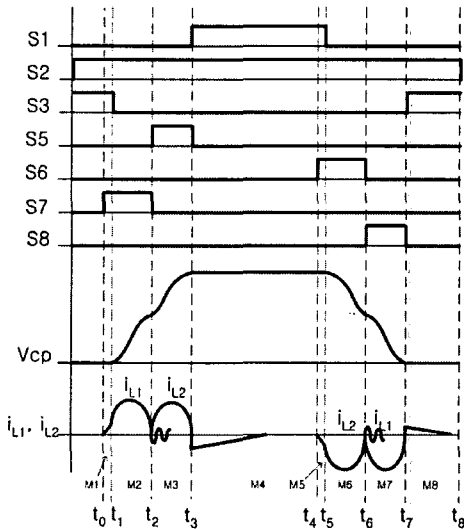


그림 5. 제안 회로의 스위칭 신호와 각부 파형
Fig. 5. Gatting signals and waveforms of the proposed circuit

제안 회로에서 스위칭 신호와 인덕터 전류 및 패널 양단전압 파형의 개형은 그림 5와 같다. 여기서 에너지 투여 및 회수는 LC공진에 의해 이루어지며, 이 때

의 등가회로는 그림 6과 같다. 그림 6에서 $C_s \gg C_p$ 이어서 $v_{CS}(t)$ 가 V_{CS} 로 일정하고 $v_{CP}(t)$ 및 $i_L(t)$ 의 초기값을 V_{CP} 및 I_L 이라 하면 인덕터 전류와 패널 양단전압의 일반식은 식 (1) 및 식 (2)와 같다.

$$i_L(t) = \frac{V_{CS} - V_{CP}}{\omega L} \sin \omega t + I_L \cos \omega t \quad (1)$$

$$v_{cp}(t) = V_{CS} - (V_{CS} - V_{CP}) \cos \omega t + I_L \omega L \sin \omega t \quad (2)$$

단, $\omega = 1/\sqrt{LC_P}$

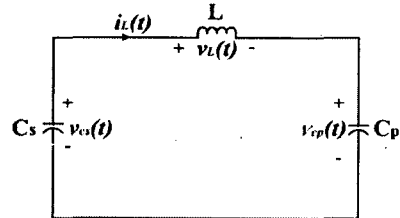


그림 6. 에너지 투여 및 에너지 회수 시의 등가회로
Fig. 6. Equivalent circuit for energy injection and recovery period

3.2 모드별 동작 해석

제안한 회로는 반 주기당 8모드로 동작하도록 설계하였다. 모드별 전류 경로는 그림 7과 같으며 동작은 다음과 같다.

1) 모드 1 ($t_0 \sim t_1$, CIM구간)

그림 5의 M1 구간이 모드 1에 해당하는데 그림 4의 S_2, S_3 가 턴온되어 있는 상태에서 스위칭 소자 S_7 을 턴온시키면 그림 7(a)의 경로를 따라 전류가 흐르기 시작한다. 그러면 L_1 에 $+Vs/4$ 전압이 인가되고 전류 i_{L1} 은 $Vs/(4L_1)$ 의 기울기로 선형적으로 상승한다. $t_a \triangleq t - t_0$ 라 하면 i_{L1} 은 식 (3)으로 나타낼 수 있다. 이때 패널 양단이 접지되어 있으므로 전압 v_{cp} 는 0이다.

$$i_{L1}(t_a) = \frac{V_s}{4L_1} t_a \quad (3)$$

$$v_{cp}(t_a) = 0 \quad (4)$$

2) 모드 2 ($t_1 \sim t_2$, 제1 에너지 투여구간)

그림 4의 스위치 S_2, S_7 이 그림 5의 스위칭 신호와 같이 턴온 상태를 유지하고 스위치 S_3 를 턴오프시키면 모드 2가 시작된다. 이때 전류는 그림 7(b)의 경로를 따라 흐르면서 L_1 과 C_p 가 공진을 시작한다. 이때 보조 커패시터 C_3 의 에너지가 C_p 로 투여되어 패널 커패시턴스를 충전시킨다. 패널 커패시턴스의 전압 v_{cp} 는 0에서 $V_S/2$ 로 상승하기 시작하는데, L_1 의 전류는 $i_{L1}(t_1) > 0$ 이므로 v_{cp} 는 가파르게 상승한다. $t_b \triangleq t - t_1$ 이라 하고 모드 2의 초기 상태인 식 (5)를 식 (1)과 식 (2)에 대입하여 전류 i_{L1} 과 전압 v_{cp} 를 구하면 각각 식 (6) 및 식 (7)과 같다.

$$V_C = \frac{V_S}{4}, V_{CP} = 0$$

$$I_L = \frac{V_S}{4L}(t_1 - t_0) \quad (5)$$

$$i_{L1}(t_b) = \frac{V_S}{4\omega L_1} \sin \omega t_b + \frac{V_S}{4L_1}(t_1 - t_0) \cos \omega t_b \quad (6)$$

$$v_{cp}(t_b) = \frac{V_S}{4}(1 - \cos \omega t_b) + \omega(t_1 - t_0) \sin \omega t_b \quad (7)$$

모드 2는 공진 반주기 동안만 지속되며, $\omega t_b = \pi$ 에서 제1 에너지 투여구간이 끝나므로 이때의 v_{cp} 값은 $V_S/2$ 이다.

3) 모드 3 ($t_2 \sim t_3$, 제2 에너지 투여구간)

$t = t_2$ 에서 스위치 S_7 을 턴오프시키고 S_5 를 턴온시키면 모드 3이 시작된다. 모드 3에서는 L_1 대신에 L_2 가 공진 인덕터로 동작하면서 보조 커패시터 C_2, C_3 에 저장된 에너지가 그림 7(c)의 경로를 따라 패널 커패시턴스에 전달된다. 모드 1에서 인덕터 L_1 의 전류를 증가시킨 후 패널 커패시턴스에 에너지를 투여하기 때문에 내부 손실에도 불구하고 v_{cp} 는 방전 유지전압 V_S 까지 상승할 수 있다. 이때 $t_c \triangleq t - t_2$ 라 하

면 $t = t_2$ 에서의 조건이 식 (8)이므로 모드 3에서의 i_{L2} 와 v_{cp} 는 본 회로의 일반식으로부터 식 (9)와 식 (10)과 같이 구할 수 있다.

$$V_{CS} = \frac{3V_S}{4}, V_{CP} = \frac{V_S}{2}, I_L = 0 \quad (8)$$

$$i_{L2}(t_c) = \frac{V_S}{4\omega L_2} \sin \omega t_c \quad (9)$$

$$v_{cp}(t_c) = \frac{3}{4} V_S - \frac{1}{4} V_S \cos \omega t_c \quad (10)$$

4) 모드 4 ($t_3 \sim t_4$, 방전 유지구간)

패널 커패시턴스의 전압이 방전 유지전압 V_S 까지 충분히 상승한 후에 S_5 를 턴오프시키고 S_1 을 턴온시키므로 하드스위칭 없이 전원전압 V_S 가 패널 커패시턴스 양단에 인가되면서 방전 유지구간이 시작된다. 그림 7(d)와 같이 회로가 구성되어 패널전압 v_{cp} 는 $+V_S$ 로 전위가 유지되고, PDP에 방전전류가 흘러 발광하게 된다.

인덕터 L_1, L_2 의 전류는 이상적인 경우 공진이 끝나면 전류가 흐르지 않아야 하지만 S_5 및 S_7 의 기생 커패시턴스에 의해 역방향 전류가 흐르게 되어 에너지 회수회로에 기생공진 현상이 발생하며, 그림 3과 같이 인덕터 전류가 진동하게 된다. 그러나 본 논문에서는 D_1, D_2 를 설치함으로써 그림 5의 M4 구간에서와 같이 인덕터 전류가 진동 없이 감소한다. 이때 v_{cp} 는 V_S 를 유지한다.

5) 모드 5 ($t_4 \sim t_5$, CIM구간)

S_1, S_2 가 턴온되어 있는 상태에서 S_6 을 턴온시키면 모드 5가 시작된다. 이 구간에서는 모드 1에서처럼 패널 커패시턴스의 양단전압이 V_S 로 유지되므로 C_2 및 C_3 에 걸리는 전압과의 전위차 $V_S/4$ 가 인덕터 L_2 에 인가되어 전류는 에너지가 회수되는 방향으로 선형적으로 감소한다. 전류의 경로는 그림 7(e)와 같으며, $t_d \triangleq t - t_4$ 라 하면 i_{L2} 와 v_{cp} 는 다음과 같다.

$$i_{L2}(t_d) = -\frac{V_S}{4L_2} t_d \quad (11)$$

$$v_{cp}(t_d) = V_S \quad (12)$$

6) 모드 6 ($t_5 \sim t_6$, 제1 에너지 회수구간)

t_5 에서 스위치 S_1 을 턴오프시키면 모드 6이 시작된다. 이 모드에서는 그림 7(f)에 나타난 경로를 따라 L_2 와 C_p 사이에서 공진이 발생하며 패널 커패시턴스의 에너지가 보조커패시터로 1차 회수된다. 이 구간에서 식 (1)과 식 (2)의 조건이 식 (13)과 같으므로 $t_6 \triangleq t_5$ 라 하면 i_{L2} 와 v_{cp} 는 식 (14) 및 식 (15)와 같다.

$$V_{CS} = \frac{3V_S}{4}, V_{CP} = V_S$$

$$I_L = -\frac{V_S}{4L}(t_5 - t_4) \quad (13)$$

$$i_{L2}(t_e) = -\frac{V_S}{4\omega L_2} \sin \omega t_e$$

$$-\frac{V_S}{4L_2}(t_5 - t_4) \cos \omega t_e \quad (14)$$

$$v_{cp}(t_e) = \frac{1}{4} V_S (3 + \cos \omega t_e$$

$$-\omega(t_5 - t_4) \sin \omega t_e) \quad (15)$$

7) 모드 7 ($t_6 \sim t_7$, 제2 에너지 회수구간)

t_6 에서 에너지 회수회로의 스위치 S_6 을 턴오프시키고 S_8 을 턴온시키면 모드 7이 시작된다. 그림 7(g)와 같은 회로가 구성되어 패널 커패시턴스의 에너지가 보조커패시터로 회수된다. 이때 L_1 이 공진 인덕터의 역할을 하게 되어 전류가 흐르기 시작한다. $t_7 \triangleq t_6$ 라 하고 일반식의 조건 식 (16)을 대입하여

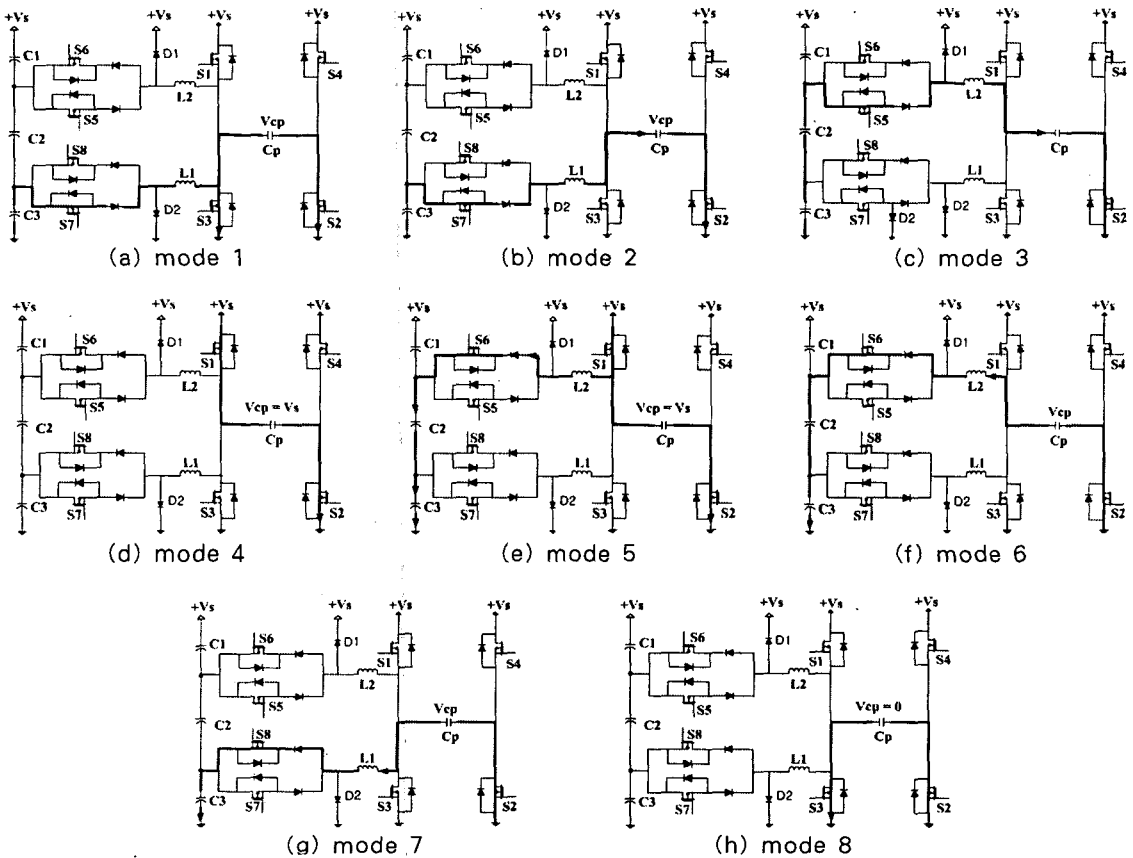


그림 7. 제안 회로의 각 모드별 동작
Fig. 7. Circuit operations at each mode

i_{L1} 와 v_{cp} 를 구하면 식 (17) 및 식 (18)과 같다.

$$V_{CS} = \frac{V_S}{4}, \quad V_{CP} = \frac{V_S}{2}, \quad I_L = 0 \quad (16)$$

$$i_{L1}(t_f) = -\frac{V_S}{4\omega L_1} \sin \omega t_f \quad (17)$$

$$v_{cp}(t_f) = \frac{V_S}{4}(1 + \cos \omega t_f) \quad (18)$$

8) 모드 8 ($t_7 \sim t_8$, 소거구간)

$t=t_7$ 에서 S_8 을 턴오프시키고 S_3 을 턴온시키면 패널 전압은 하드스위칭 없이 0V를 유지한다. 이 구간에서도 모드 4와 같이 클램프 다이오드 D_1, D_2 에 의하여 인덕터에서의 기생공진전류가 방지된다.

이와 동일한 방식으로 다음 반주기 동안 PDP의 오른쪽 유지 구동부가 모드 9에서 모드 16까지를 반복하여 패널에 고주파 AC전압을 인가하여 줌으로써 한 주기를 완성한다.

3.3 제안한 에너지 회수회로의 고찰

제안한 회로는 기존의 멀티레벨 구동회로에 비해 스위칭 소자 4개와 보조 커패시터 2개를 줄임으로써 회로가 간단해졌으며 기존 회로의 문제를 다음과 같이 해결하였다.

그림 3에서와 같이 전류파형에 기생공진 현상이 발생하게 되는데, 본 논문에서는 클램핑 다이오드 D_1, D_2, D_3, D_4 를 설치하여 모드 4 및 모드 8에서 인덕터 전류가 진동하는 것을 방지하였다.

이상적인 경우에 에너지 투여구간이 끝나면 v_{cp} 값이 V_S 가 된다. 그러나 실제의 PDP구동회로는 전류경로에 저항성분이 존재하므로 에너지 투여구간 동안 v_{cp} 값이 V_S 에 충분히 도달하지 못하여 스위칭소자에 하드스위칭 문제가 발생한다. 이러한 하드스위칭은 에너지 회수구간에서도 발생하게 되는데 본 논문에서는 모드 1과 모드 5에서 인덕터에 초기 에너지를 축적시켜 하드스위칭 문제를 해결하였다.

그리고 기존의 멀티레벨 PDP구동회로에 존재하

던 $V_S/2$ 유지구간을 제거함으로써 동작 주파수를 높일 수 있도록 하였다.

4. 시뮬레이션

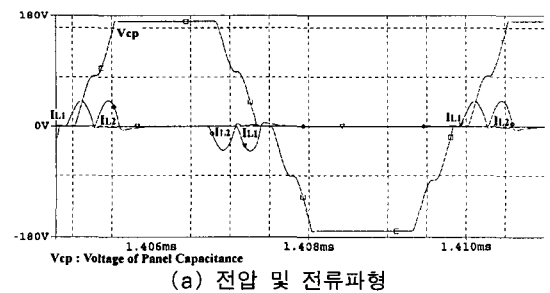
제안한 에너지 회수회로의 유용성을 입증하기 위하여 PSpice를 사용하여 시뮬레이션하였으며 사용한 파라미터의 값은 다음과 같다.

$$V_S = 170[\text{Vdc}], \quad C_P = 80[\text{nF}], \quad f_s = 200[\text{kHz}]$$

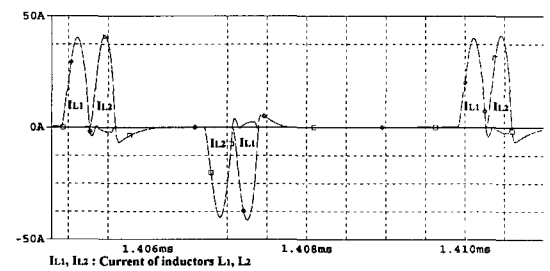
$$L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = 130[\text{nH}]$$

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

그림 8(a)는 제안한 에너지 회수회로에서 패널 커패시턴스의 양단전압 V_{cp} 와 L_1, L_2 인덕터에 흐르는 전류를 시뮬레이션한 결과이다.



(a) 전압 및 전류파형



(b) 전류 확대 파형

그림 8. 시뮬레이션 결과
Fig. 8. Simulation results

그림 8(a)에서 V_{cp} 의 파형을 보면 $V_S/2$ 유지구간이 제거되어 에너지 투여구간 및 에너지 회수구간이 짧아졌음을 볼 수 있다. 또한 패널 전압이 상승 또는 하강하기 전에 인덕터 전류가 흐르기 시작하는 것을

새로운 AC PDP용 멀티레벨 에너지 회수회로

알 수 있다. 이와 같이 인덕터가 초기 에너지를 축적한 상태에서 패널 커패시턴스에 에너지를 공급하면 패널 전압이 빠르게 상승하며, 보다 많은 에너지를 공급받은 패널 커패시턴스는 충전 전위를 V_s 까지 충분히 상승시키게 된다.

그림 8(b)는 그림 8(a)의 전류 파형을 확대한 그림으로서 그림 3의 인덕터 전류파형과 비교하면 기생 공진전류가 제거되었음을 알 수 있다. 이는 본 논문에서 제안한 회로내에 설치되어 있는 클램핑 다이오드의 동작에 의한 것이다.

5. 결 론

본 연구는 AC PDP용 에너지 회수회로에 관한 연구로서 기존의 멀티레벨 구동회로의 문제점을 개선한 새로운 멀티레벨 에너지 회수회로를 제안하였다.

제안한 회로는 기존 멀티레벨 구동회로에 비하여 스위칭 소자 4개와 보조 커패시터 2개를 줄여 구조가 간단해졌으며, 따라서 경제성이 높아졌다.

그리고 기존회로의 문제점인 기생공진전류를 클램핑 다이오드를 설치하여 제거함으로써 회로 동작의 안정성을 높였다. 또한 CIM을 사용하여 에너지 투여구간 및 에너지 회수구간에서 발생하는 하드스위칭 문제를 해결하였다. 이에 더하여 $V_s/2$ 유지구간을 제거하여 회로의 동작주파수를 높일 수 있도록 하였다.

제안한 회로를 PSpice를 사용하여 시뮬레이션 하였으며, 그 결과를 통하여 새로운 멀티레벨 구동회로의 유용성을 입증하였다.

References

- [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 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.
- [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] Jun-Young Lee, Jin-Sung Kim, Nam-Sung Jung, and

Bo-Hyung Cho, "The Current Injection Method for AC Plasma Display Panel (PDP) Sustainer", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 51, pp. 615-624, June 2004.

- [5] Chen-Chang Liu, Hong-Bin Hsu, Shin-Tai Lo, and Chern-Lin Chen, "An Energy Recovery Sustaining Driver with Discharge Current Compensation for AC Plasma Display Panel", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 48, No. 2, April 2001.

◇ 저자소개 ◇

정우창 (鄭又彰)

1978년 1월 6일생. 2003년 단국대 공대 전기공학과 졸업. 2003년~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.

강경우 (姜炅佑)

1976년 1월 21일생. 2000년 단국대 공대 전기공학과 졸업. 2003년~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.

유종걸 (劉鍾傑)

1963년 12월 21일생. 1989년 단국대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

홍순찬 (洪淳瓚)

1950년 2월 24일생. 1973년 서울대 전기공학과 졸업. 1975년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1985년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1975~1978년 해군사관학교 교수부 전기공학과 전임강사. 1978년~현재 단국대 전기전자컴퓨터공학부 교수. 1986~1987년 미국 텍사스 A&M 대학교 방문교수. 1997~2000년 대한전기학회 이사. 2002년 전력전자학회 회장. 2002년~현재 단국대 공과대학 학장.