

AC PDP 구동회로의 에너지 회생에 관한 연구

정우창, 강경우, 유종걸, 홍순찬
단국대학교 전기공학과

A Study on the Energy Recovery of AC PDP Driving Circuits

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

ABSTRACT

In this paper, a new energy recovery circuit for AC PDP(Plasma Display Panel) is proposed to decrease a sustain voltage and voltage stress on switching elements. In the proposed circuit, two auxiliary capacitors are connected directly to the power source through switching elements and inductors when ground potential is supplied to the panel. Therefore, the voltage across auxiliary capacitors can be increased by turns over the half of the source voltage. Because the intrinsic capacitance of PDP is charged sufficiently from the auxiliary capacitors, the level of sustain voltage and the voltage stress on the switching devices are decreased. To verify the validity of the proposed energy recovery circuit, computer simulations using PSpice program are carried out.

1. 서 론

1964년 일리노이 대학의 Bitzer교수와 Slottow교수가 PDP(Plasma Display Panel)을 발명한 이래 수십년간 그 가능성이 논의되어 왔다. PDP는 DC PDP와 AC PDP 두 형태가 있는데 현재는 전극을 보호할 수 있는 AC PDP가 주종을 이루고 있다. 그림 1은 AC PDP의 구성도이다.^[1]

PDP는 동화상 재현 능력이 우수하고 화질이 높기 때문에 많이 사용되고 있지만 CRT TV에 비해 소비전력이 높은 단점이 있다. 그러므로 PDP TV의 소비전력이 동일한 크기의 CRT TV의 소비전력 정도로 낮아져야 경쟁력을 유지할 것으로 보인다.

PDP에서의 소비전력을 낮추기 위해 많은 회로들이 제안되었는데 그 가운데 가장 대표적인 회로가 Weber회로이다. 그러나 Weber회로는 충전과 유지 구간에서 하드 스위칭에 따른 스위칭 소자들의 전

압 스트레스 문제가 있고 높은 유지전압이 요구되는 문제점이 있다.

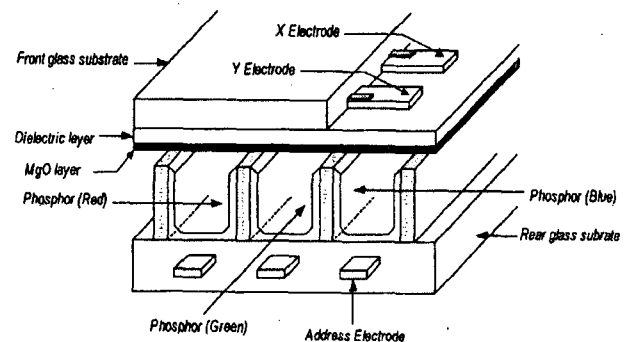


그림 1. AC PDP의 구성도

본 논문에서는 AC PDP 구동회로에서 에너지 절감을 위해 에너지를 회생하면서도 유지전압과 소자의 전압스트레스를 낮출 수 있는 새로운 에너지 회생회로를 제안하고 시뮬레이션을 통해 그 유용성을 입증하고자 한다.

2. Weber회로

Weber회로는 PDP 에너지 회생회로중에서 가장 보편적인 회로로서 L과 C의 직렬공진현상을 이용한 에너지 회생회로이다. 이 회로는 모두 4개의 모드로 구성되는데 패널 커패시터의 충전과 유지, 보조 커패시터의 에너지 회생, 그리고 벽전하 소거 구간이 있다.^{[2]~[5]}

Weber회로는 그림 2와 같이 좌우 대칭구조로 이루어져 있으며, M1~M4로 구성되는 중앙의 회로가 AC PDP 구동회로이고 M5~M8, L₁ 및 L₂, C₂ 및 C₃로 구성되는 양옆의 회로가 에너지를 회생하기 위한 회로이다. 회로에서의 파형은 그림 3과 같다.

회로의 동작도 반주기 대칭이기 때문에 반주기 동안의 동작만을 설명한다.

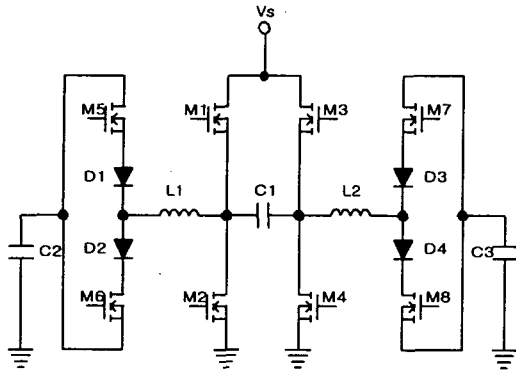


그림 2. Weber회로

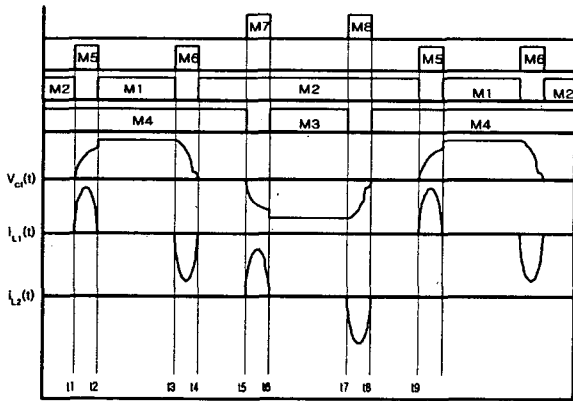


그림 3. Weber회로의 스위칭 신호와 파형

1) 모드 I (충전구간 $t_1 \sim t_2$)

스위치 M4와 M5가 ON되어 있고 나머지 다른 스위치들은 모두 OFF되어 있는 구간이다. 이때 보조 커패시터 C₂의 전압이 V_s/2인데 패널 커패시터 C₁으로 에너지가 전달되어 패널 커패시터를 V_s 근처까지 충전시켜 주는 구간이다. 그림 4는 이 구간의 등가회로이며, 충전되는 전압 $v_{c1}(t)$ 는 식 (1)과 같다.

$$v_{c1}(t) = \frac{V_s}{2} \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot (1 - \cos \omega t) \quad (2)$$

$$\text{단, } \omega = \frac{1}{\sqrt{L_1 C}}, \quad C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

2) 모드 II (유지구간 $t_2 \sim t_3$)

스위치 M5가 턴오프되고, M1 스위치가 턴온되면서 모드 II가 시작된다. 이때는 전원 V_s가 바로 패널 커패시터에 인가되어 C₁의 전압을 V_s로 유지시켜 준다.

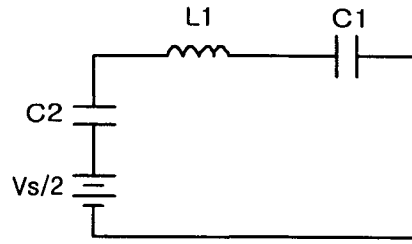


그림 4. 모드 I의 등가회로

3) 모드 III (에너지 회생구간 $t_3 \sim t_4$)

스위치 M1이 턴오프되고 스위치 M6이 켜져서 패널 커패시터 C₁에서 보조 커패시터 C₂로 에너지가 회생되는 구간이다.

4) 모드 IV (소거구간 $t_4 \sim t_5$)

이 구간에서는 스위치 M2와 M4만이 ON되어 패널 커패시터에 축적되어 있는 역전하들을 소거시켜 주는 구간이다.

그림 5는 Weber회로를 V_s = 220V일 때 PSpice로 시뮬레이션하여 구한 V_{c1} 파형이다. 그림 5에서 A시점은 M5가 턴오프되고 M1이 턴온되는 시점인데, 충전전압과 전원전압의 크기가 차이남을 알 수 있다. 이 전압 차이는 실제 회로에서는 더 크게 나타나는데 이 전압차로 인하여 M1에 전압 스트레스가 가해진다. 또한 방전전압을 유지하기 위해 높은 전원전압을 인가해 주어야 하는 문제점이 있다.

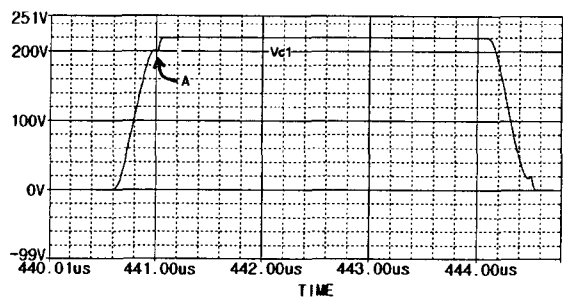


그림 5. Weber회로의 V_{c1} 파형

3. 제안한 에너지 회생회로

식 (1)에서 보조 커패시터의 전압이 V_s/2인 이상 Weber회로의 충전구간에서는 V_{c1}전압이 V_s까지 상승하지 못하며, 이로 인하여 스위치 M1의 양단에 전압 차이가 발생하게 된다. 이때 보조 커패시터의 충전 전압을 V_s/2 이상이 되도록 하면 이러한 전압차를 해소할 수 있으며 낮은 유지전압을 인가해도

방전 개시전압에 도달할 수 있다.

본 논문에서는 그림 6과 같이 전원과 보조 커패시터 C_2 및 C_3 사이에 인덕터 L_3 및 L_4 와 스위치 M9 및 M10을 직접 접속한 다음에 적절한 시간동안 스위치를 도통시켜 보조 커패시터의 전압을 높여준다. 여기서 인덕터 L_3 및 L_4 는 C_2 및 C_3 로의 돌입전류를 제한한다. 본 연구에서 제안한 그림 6의 회로에서의 스위칭 신호 및 파형은 그림 7과 같다.

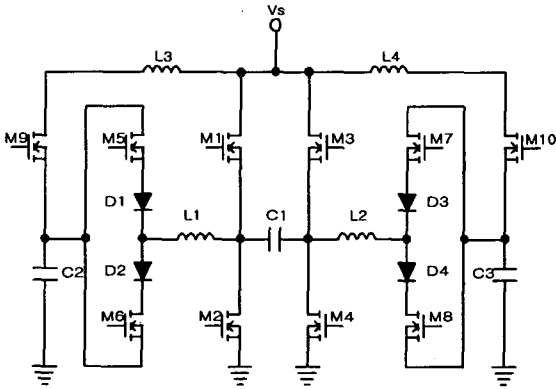


그림 6. 제안한 에너지 회생회로

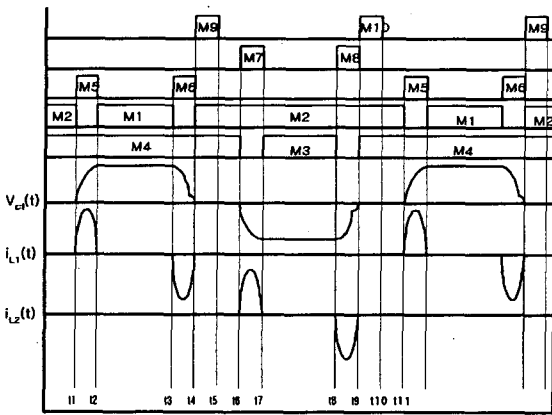


그림 7. 제안한 회로의 스위칭 신호와 파형

제안한 회로의 동작은 Weber회로에서와 같이 4개의 모드로 동작하는데, 모드 I, II, III에서의 동작은 동일하다. 그러나 모드 IV에서는 Weber회로에서의 소거동작 외에 보조 커패시터의 전압을 $V_s/2$ 이상으로 높여주는 동작을 한다. 따라서 여기서는 모드 IV구간에 대한 동작만을 설명한다.

Weber회로는 모드 IV에서 스위치 M2와 M3만 도통되어 패널 커패시터에 존재하는 벽전하를 소거한다.

제안한 회로에서도 모드 IV구간에서 벽전하를 소거하기 위해 C_1 -M2-M4- C_1 의 회로가 구성된다.

이와 동시에 그림 8과 같이 V_s - L_3 -M9- C_2 - V_s 의 회로가 구성되어 보조 커패시터 C_2 의 전압을 $V_s/2$ 이상으로 상승시키게 된다. 전압의 상승분을 ΔV 라 하면 v_d 은 식 (2)와 같다.

$$v_d(t) = \left(\frac{V_s}{2} + \Delta V \right) \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot (1 - \cos \omega t) \quad (2)$$

$$\text{단, } \omega = \frac{1}{\sqrt{L_1 C}}, \quad C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

식 (2)에서 v_d 의 피크값이 V_s 가 되면 그림 5의 A시점에서 나타나던 전압차를 제거할 수 있다. 따라서 스위치 M9를 모드 IV구간 내내 도통시키지 않고 식 (2)의 v_d 의 피크값이 V_s 가 될 정도로만 도통시킨다.

스위치 M9의 도통시간이 구간 IV의 일부분이므로 나머지 모드 I~III구간의 동작은 Weber회로와 동일하게 된다. 나머지 반주기에서는 모드 IV에서 L_4 와 M10이 동작하여 C_3 의 양단전압을 ΔV 만큼 높여주게 된다.

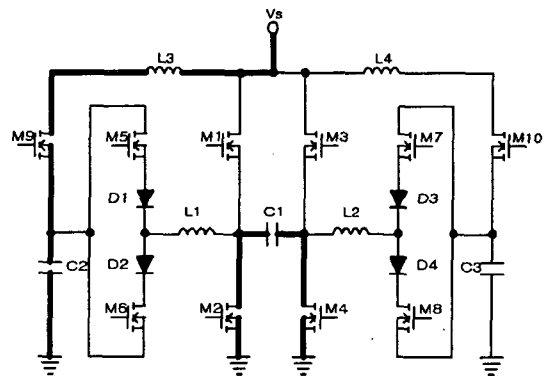


그림 8. 모드 IV에서의 회로 동작

4. 시뮬레이션

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

$$\begin{aligned} V_s &= 150V & f_s &= 100kHz \\ L_1 = L_2 &= 220nH & L_3 = L_4 &= 5\mu H \\ C_1 &= 80nF & C_2 = C_3 &= 2.2\mu F \end{aligned}$$

그림 9는 제안한 에너지 회생회로에서 패널 커패시터의 양단전압 v_d 과 보조 커패시터의 양단전압 v_c 를 시뮬레이션한 파형이다.

그림에서 v_d 파형을 살펴보면 그림 5의 A시점에서 나타났던 전압차이가 소거되었음을 알 수 있다.

이로 인하여 스위칭소자 M1과 M3에서의 전압스트레스가 제거된다. v_{ce} 의 파형을 살펴보면 v_{ce} 의 전압이 80V 이상임을 알 수 있는데 이는 전원전압 $V_s=150V$ 의 절반이 넘는 값이다.

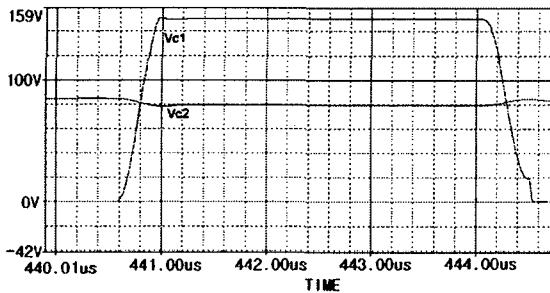


그림 9. 제안한 회로의 시뮬레이션 결과

이와 같이 본 연구에서 제안한 에너지 회생회로를 사용하면 보조 커패시터의 전압이 $V_s/2$ 이상이 되어 스위칭소자에 가해지는 전압스트레스를 제거할 수 있을뿐만 아니라 유지전압이 낮아지더라도 방전 개시전압을 넘은 곳에서 회로가 동작하게 된다.

5. 결 론

Weber회로는 AC PDP 에너지 회생회로의 가장 대표적인 회로이다. 그러나 이 회로는 보조 커패시터에 저장되어 있던 회생에너지를 패널 커패시터로 충전하는 구간에서 패널 커패시터의 전압을 V_s 까지 충분히 올려주지 못하는 단점이 있다. 이로 인하여 유지전압을 방전개시전압보다 높게 잡아야 하며 스위칭 소자에 전압 스트레스가 가해지는 문제가 발생한다.

본 연구에서는 벽전하를 소거하는 구간내에서 보조 커패시터의 전압을 $V_s/2$ 이상으로 높혀주어 패널 커패시터로 충전할 때 스위칭소자에 가해지는 전압스트레스를 해결할 수 있는 새로운 에너지 회생회로를 제안하였다. 제안한 회로를 사용하면 패널 커패시터로 충전할 때 방전개시전압까지 충분히 전압을 올려줌으로써 높은 유지전압을 인가해주어야 하는 문제도 해결된다. 그리고 시뮬레이션을 통하여 제안한 회로의 타당성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] S. K. Han, G. W. Moon, and M. J. Youn, "A Novel Current-Fed Energy Recovery Sustaining Driver for Plasma Display Panel(PDP)", 전력전자학회 전력전자학술대회 논문집, pp. 755-760, 2003. 7.
- [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 M. B. Wood, "Energy Recovery Sustain Circuit for the AC Plasma Display", Proc. of Society for Information Display Symp., pp. 92~95, 1987.
- [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.
- [5] L. F. Weber and K. W. Warren, "Power Efficient Sustain Drivers and Address Drivers for Plasma Panel", U. S. Patent 5081400, Jan. 1992.