

# CIM(Current Injection Method)을 이용한 Charge-Pump 방식의 Plasma Backlight용 고압 Inverter

장준호†, 강신호, 이준영\*\*  
†단국대학교

## Charge-Pump High Voltage Inverter for Plasma Backlight with Current Injection Method

Jun-ho Jang†, Shin-ho Kang, Jun-young Lee\*\*  
Dankook University

### ABSTRACT

Charge-pump high voltage inverter for Plasma backlight with CIM(Current Injection Method) is proposed in this paper. Adoption of ERC is a new attempt in high voltage inverter so that it is not only energy recovery but also improvement of discharge stability and system instability which is interrupted by noise. Using a charge-pump technique enables low voltage switches to be usable, the cost can be reduce. CIM is adopted to achieve high speed energy recovery in proposed circuit. Operations of the proposed circuit are analyzed for each mode. The proposed circuit is verified to be applicable on a 32 inch plasma backlight panel by experimental results.

### 1. 서 론

Plasma BLU는 차세대 면광원으로서 상당히 주목을 받고 있으며 현재 그 기술이 개발되는 과정에 있어 정형화된 모습이 존재하지 않고 다양한 approach가 존재한다. 이러한 다양한 모습의 BLU의 특성을 고찰하고 최적조건을 찾기 위해서는 구동 방식의 최적화가 병행되어야 하며 이를 위해서는 구동회로 및 구동법을 패널의 방전최적화 관점에서 개발할 필요가 있다.<sup>[1,2]</sup>

또한 PDP는 미세 cell을 방전공간으로 이용하기 때문에 방전 전극간의 거리가 짧아 부glow방전영역을 이용하고 개구율이 작아 약 2 lm/W정도로 효율이 매우 낮다. 하지만 Plasma BLU는 단순히 전백 화면만을 표시하는 고휘도 고효율을 목적으로 양광주를 이용한 cell설계가 이루어져 있어 PDP에 비해서는 상당히 높은 효율을 얻고 있으나 방전전압이 매우 높은 단점이 존재하며 Plasma 방전의 특성상 방전이 pulse 형태로 이루어지고 있어 구동 파형에 많은 영향을 받고 있다. 따라서 현재의 cell 구조를 갖는 Plasma BLU에서는 이상적인 pulse wave의 고압 inverter를 개발하여야 하며 고압 inverter개발에 있어서 문제점은 소비전력과 cost로 나뉘어질 수 있다. 고압 스위치의 경우 패널의 무효 소비전력 뿐만 아니라 스위치 자체의 기생 capacitance로 인한 소비전력이 거의 비슷하므로 20인치급을 구동하는 경우 무효소비 전력만 거의 100W에 가까운 실정이다. 또한 고압의 스위칭을 위해서 단순한 H-bridge회로를 사용하는 경우 상당히 고내압 스위치를 사용해야 하므로 cost 증가의 근본 원인이 되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 무효 소비 전력을 회수하는 고압 에너지 회수 방식과 스위치 내압저감을 위한 charge pump형 inverter를 제안하며 회로의 동작원리를 제시하고 32인치 패널에 기초한 실험을 통하여 방전 특성을 고찰하고 타당성을 검증하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 제안한 에너지 회수 회로

본 논문에서는 그림 1과 같은 에너지 회수 회로를 채용한 고압 inverter회로를 제안한다. 본 inverter는 PDP에 접목을 시켜 그 유효성을 확인하였으며 이를 응용하여 Plasma BLU에 사용하고자 한다. 본 회로의 특징은 입력전압을 n개의 inverter stage만큼 전압을 승압시켜 출력으로 인가하는 방식으로 입력 전원의 수가 작고 에너지 회수회로를 구성하기 용이하며 스위치류의 내압저감의 효과를 얻을 수 있어 Cost 측면에서 유리하다. 또한 주 스위치의 hard-switching문제를 해결하기 위해 CIM(Current Injection Method)을 적용하여 회수 speed를 높여 방전 안정성을 확보하였다.<sup>[4,5]</sup>

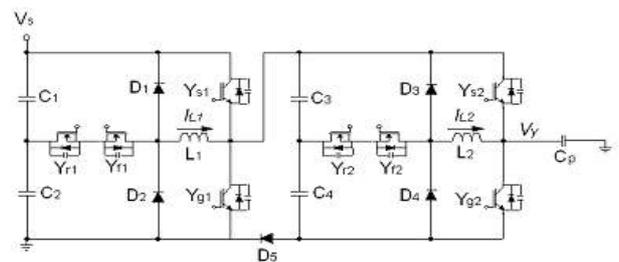


그림 1. 제안된 inverter

#### 2.2 모드 해석

그림 2는 제안된 인버터의 동작 파형이다. 동작 모드는 모두 8개로 구분이 되며 두개의 반주기가 서로 대칭되므로 모드해석은 첫 번째 반주기만 한다. 각각의 동작 diagram은 그림 3에 나타나 있다. 실제 구현은 패널의 X와 Y전극에 2개의 inverter를 이용하여 구현하지만 실제 X 보드와 Y보드의 동작은 위상만 다를 뿐 동작이 동일하므로 회로의 동작설명은 Y보드를 이용하여 하며 동작 mode를 해석하기 전에 다음과 같은 가정을 한다.

- ◆ C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>에는 각각 V<sub>s</sub>/2의 전압이 충전되어 있다.
- ◆ L<sub>1</sub>과 L<sub>2</sub>의 inductance값은 L로 정의한다.

◆ 인버터에 사용된 소자는 이상적이다.

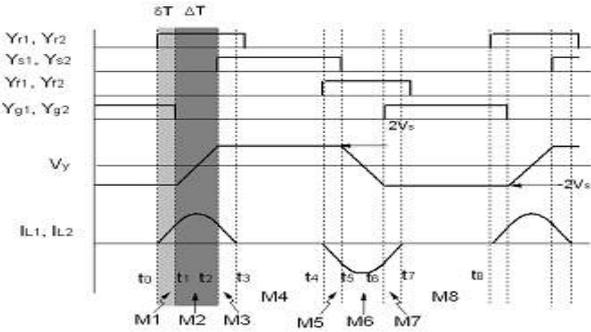


그림 2. 제안된 inverter의 동작파형

**Mode 1 ( $t_0 \leq t < t_1$ )**

Mode 1이 시작되기 전에  $Y_{g1}$ 과  $Y_{g2}$ 가 먼저 도통되어 있다고 가정한다. 이 상태에서  $Y_{r1}$ 과  $Y_{r2}$ 가 도통이 되면 그림 X의 mode 1 diagram에서 보듯이  $C_2$ ,  $Y_{r1}$ ,  $Y_{f1}$ 의 body diode,  $L_1$ ,  $Y_{g1}$ 의 경로와  $C_4$ ,  $Y_{r2}$ ,  $Y_{f2}$ 의 body diode,  $L_2$ ,  $Y_{g2}$ 의 경로로  $I_{L1}$ 과  $I_{L2}$ 가  $V_s/2L$ 의 기울기를 가지고 각각 build-up이 되며 그 전류는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$I_{L1} = I_{L2} = \frac{V_s}{2L} (t - t_0) \quad (1)$$

**Mode 2 ( $t_1 \leq t < t_2$ )**

$Y_{g1}$ 과  $Y_{g2}$ 가 차단되면  $L_1$ 과  $L_2$ 에 흐르던 전류는  $C_2$ ,  $Y_{r1}$ ,  $Y_{f1}$ 의 body diode,  $L_1$ ,  $C_4$ ,  $Y_{r2}$ ,  $Y_{f2}$ 의 body diode,  $L_2$ ,  $C_p$ 의 경로로 공진파형을 보이면서 Panel capacitance를 충전하게 된다. 이 모드에서 패널에 인가되는 전압은  $-V_s$ 에  $+V_s$ 로 상승하게 되며 패널에 인가되는 전압과 공진inductor에 흐르는 전류는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$I_{L1} = I_{L2} = \frac{V_s}{Z} \sin(\omega(t - t_1)) \quad (2)$$

$$V_y = -V_s \cos(\omega(t - t_1)) + Z I_{L1} \sin(\omega(t - t_1)) \quad (3)$$

여기서 impedance 와 공진 주파수는 각각  $Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$  와  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  로 표시된다.

**Mode 3 ( $t_2 \leq t < t_3$ )**

$V_y$ 가  $V_s$ 까지 충전이 되면  $Y_{s1}$ 과  $Y_{s2}$ 가 도통이 되고 mode 3의 동작 diagram과 같이 세가지의 경로가 형성된다. 첫 번째의 전류 경로는  $V_y$ 전압을  $V_s$ 로 유지하기 위한 것으로 전압원  $V_s$ ,  $Y_{s1}$ ,  $Y_{s2}$ ,  $C_p$ 로 형성이 되고 두 번째의 경로는  $C_3$ 와  $C_4$ 의 capacitor 전압을 충전해 주기 위한 경로로  $V_s$  전압원으로부터  $Y_{s1}$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $D_5$ 로 형성이 된다. 여기서  $C_3$ 와  $C_4$ 의 전압은 negative pulse파형을 형성해 주기 위한 전압원으로 본 mode에서 충전된 에너지를 사용하게 된다. 마지막으로 공진 inductor  $L_1$ 과  $L_2$ 에 남아있는 전류가  $C_1$ ,  $Y_{r1}$ ,  $Y_{f1}$ 의 body diode,  $Y_{s1}$ 의 body diode 그리고  $C_3$ ,  $Y_{r2}$ ,  $Y_{f2}$ 의 body diode,  $Y_{s2}$ 의 body diode로 전류경로를 형성되면서  $Y_{s1}$ 과  $Y_{s2}$ 의 영전압 스위칭 조건을 형성한다. 본 inverter는 고압 switching을 하기 때문에 스위치의 soft switching이 이루어지지 않으면 스위치의 발열뿐만 아니라 전력소비가 매우 증가하므로 반드시 soft switching이 필요하게 되며  $Y_{s1}$ 과  $Y_{s2}$ 는 본 mode에서 이를 달성하고 있다.

**Mode 4 ( $t_3 \leq t < t_4$ )**

Mode 4는  $V_y$ 전압을  $V_s$ 로 유지하기 위한 동작 모드로서 soft switching을 하기 위한 경로만 제거 되고 나머지는 mode 3과 동일하다.

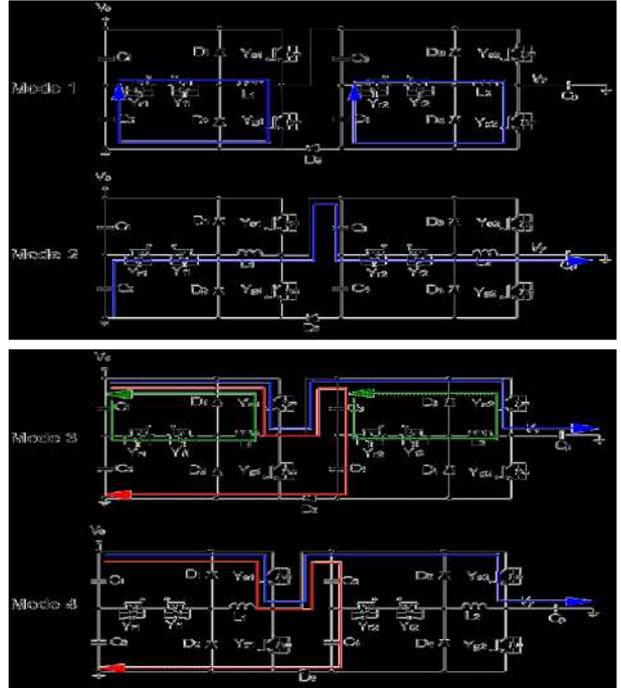


그림 3. 제안회로의 동작 별 전류 도통 경로

**3. 실험 결과**

그림 4는 Y와 X보드의 출력 파형이다. 확대한 그림을 보면 공진파형을 이루며 700ns정도의 기울기를 가지고 상승과 하강을 하고 있음을 볼 수 있다. 이 시간은 에너지회수회로가 panel 및 기생 capacitance의 에너지를 회수 및 공급을 하는 시간으로 전압에 비해 상당히 high speed로 동작이 이루어지고 있다. 그림 5는 에너지 회수 전류를 측정된 파형이다. 본 파형을 보면 공진 전류 이외에 clamp 전류가 예상보다 큰 것을 볼 수 있는데 이는 에너지 회수 스위치의 기생 capacitance가 매우 큰 것에 기인하며 회로손실의 주요한 요인 중의 하나이다. 공진 인덕터의 전류는 3가지 전류성분으로 구분할 수 있다. 첫 번째로 에너지 회수 speed를 증가시키기 위해 CIM(Current Injection Method)을 적용한 build-up전류, 두 번째로 패널에 흐르는 전류, 그리고 마지막으로 soft-switching을 위한 전류로 구성된다. 세 번째의 전류성분은 build-up전류에 의해 공진 inductor에 저장된 에너지가 패널을 충전시키는 전류보다 많아짐으로써 발생하는 것으로 스위치의 soft-switching에 매우 중요한 역할을 하며 이로 인해 스위치의 발열과 소비전력을 줄일 수 있다. 이러한 동작은 전압이 높을수록 더욱 중요한 효과를 발휘한다. build-up전류와 soft-switching을 위한 전류는 회로 자체적으로 순환하는 것이므로 패널에 유입이 되지 않기 때문에 나머지 전류가 패널에 유입이 된다. 다음은 주파수와 펄스폭에 따른 방전전압과 소비전력을 그림 6과 그림 7에 도시하였다. 그래프에서 0으로 표시된 것은 contraction (방전수축)이 일어난 것을 표시한 것이다. Contraction은 방전이 cell내에

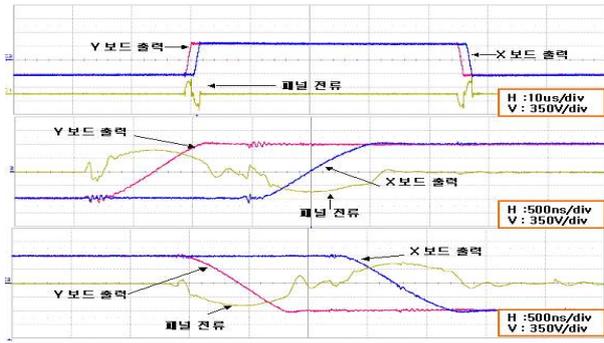


그림 4 . Y와 X 보드의 출력파형

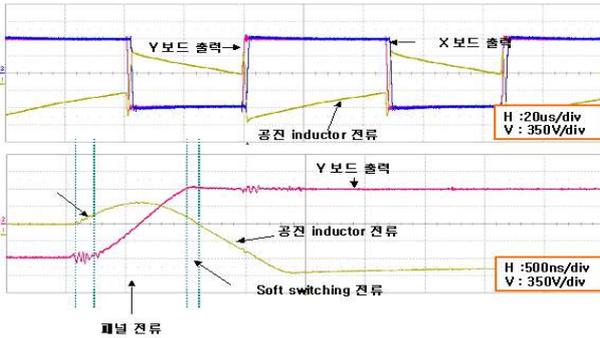


그림 5. 에너지 회수 전류 파형

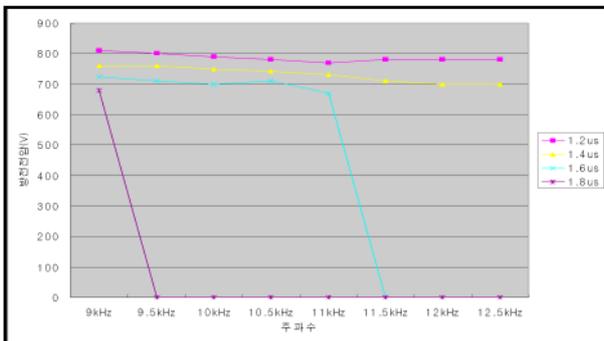


그림 6. 주파수와 펄스폭에 따른 방전전압

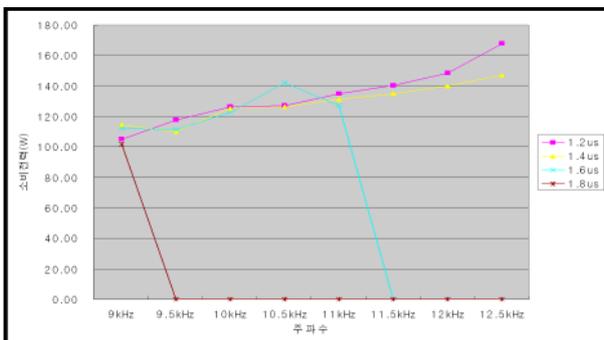


그림 7. 주파수와 펄스폭에 따른 소비전력

국부적으로 집중되는 것으로 유전체의 파괴로 패널의 손상의 위험이 있다. 그림 6을 보면 주파수가 높아질수록 방전개시 전압이 낮아지는 경향을 보이며 contraction도 더 빨리 진행되고 있음을 볼 수 있다. 또한 같은 주파수에서는 펄스폭이 증가될수록 방전전압이 낮아지며 contraction도 쉽게 발생함을 볼

수 있다. 이는 주파수가 높아지면 방전 cell내에 발생된 이온과 전자들이 재결합 되지 않고 남아 있어 이 입자들이 priming particle로서 역할을 하여 방전이 쉽게 발생하는 것으로 보이며 펄스폭이 증가하는 것은 전극에 벽전하의 축적이 발생하여 다음 펄스 발생 시 방전개시 전압을 낮추는 효과가 있는 것으로 판단된다. 그림 7의 소비전력 그래프를 보면 소비전력은 펄스폭에 따라서 뚜렷한 경향성은 관찰하기 어려우나 주파수에 따라서는 주파수가 높아질수록 소비전력이 증가하고 있음을 볼 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 CIM(Current Injection Method)을 이용한 Charge Pump방식의 Plasma Backlight용 고압 Inverter회로를 제안하고 제안된 회로의 타당성 검증에 위해 실제 32인치 패널의 구동 실험을 통하여 검증 하였다. 고압 inverter의 개발에 있어 에너지 회수 회로를 채용하여 소비전력 및 고압 스위칭의 안정화를 가져 올 수 있었고 Charge-Pump방식을 적용함으로써 스위치류의 내압을 저감하여 제조 원가를 크게 절감할 수 있게 되는 유용한 효과를 갖는 제안된 회로는 입력전원의 수가 작고 에너지 회수 회로를 구성하기 용이한 장점이 있으며 입력 전압을 n개의 inverter stage만큼 전압을 승압시켜 출력으로 인가하는 방식으로 고압의 구형파 pulse를 발생하기 용이하다.

또한 CIM(Current Injection Method)을 적용하여 회수 speed를 높여 단순공진시에 발생하는 단점인 주 스위치의 hard-switching을 하면서 발생하는 전력소모와 발열문제를 해결함으로써 32인치 패널의 방전조건을 확립하게 되었다.

이 논문은 (주) MIFPD의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

#### 참 고 문 헌

- [1] S. Y. Lin, C. L. Chen, and K. Lee, "Novel Regenerative Sustain Driver for Plasma Display Panel," PESC '98, Fukuoka, Japan, pp. 1739-1743, 1998.
- [2] H. B. Hsu, C. L. Chen, S. Y. Lin, and K. M. Lee, "Regenerative power electronics driver for plasma display panel in sustain-mode operation," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 47, No. 5, pp. 1118-1125, Oct. 2000.
- [3] L. F. Webber and K. W. Warren, "Power Efficient Sustain Drivers and Address Drivers for Plasma Panel," U.S. patent, number 4,866,349, September, 1989.
- [4] J. Y. Lee, J. S. Kim, N. S. Jung, and B. H. Cho, "New Energy Recovery Concept for AC PDP Sustaining Driver Using Current Injection Method(CIM)," IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 51, No. 3, pp. 615-624, June, 2004.
- [5] J. Y. Lee, "A new cost-effective PDP sustaining driver with current injection method (CIM)," Electronics Letters, pp. 1637-1639, December, 2002