

# 면광원의 글로우 방전 유지를 위한 피드백 구동 시스템 및 구동방법

백중복, 박중후, 조보형  
서울대학교 전기, 컴퓨터공학부

## MFFL Driving System With Current Feedback Maintaining Glow Discharge Mode

J. B Baek, J. H. Park and B. H. Cho  
School of Electrical Engineering and Computer Science  
Seoul National University

### ABSTRACT

최근 개발된 평판 타입 면광원의 경우, 전면방전을 위해서는 방전수축이 아닌 글로우 방전을 이용하게 된다. 본 논문은 면광원 피드백 구동 시스템에 관한 것으로서, 구체적으로는 면광원의 동작시간이 길어짐에 따라 방전수축 상태로 천이하거나 방전수축 상태에서 점등하는 것을 방지하고 안정적으로 동작하도록 하는 피드백 구동 시스템에 관한 것이다. 면광원에 흐르는 전류의 값을 측정하여 면광원 구동 회로를 피드백 제어하는 시스템을 구성함으로써, 면광원 램프에 흐르는 전류의 값을 목적하는 범위 이내에 유지할 수 있어 방전수축상태로 천이하지 않는 안정적인 면광원 구동회로를 구성한다. 실험을 통하여 제안된 방식의 타당성을 검증 하였다.

### 1. 서 론

최근 발명된 무수은 면광원의 경우 전면 방전을 위해서 아크방전(방전수축)이 아닌 글로우 방전을 이용하게 된다.<sup>[1-5]</sup> 그러나 면광원의 동작점에 따라서 글로우 방전에서 방전수축상태로 천이하거나 처음부터 방전수축상태로 점등하게 되는 문제점이 있다. 램프의 특성상 글로우 방전상태의 유지 영역은 구동전압 및 주파수, 펄스폭 등에 의해 결정되며 한 예로 그림 1은 펄스폭에 따른 동작영역을 보여준다. 또 다른 면광원 램프의 특성으로 구동전압이 높아질수록 높은 휘도를 낸다.<sup>[6-7]</sup> 그러나 구동전압이 높아짐에 따라 방전수축으로 천이 되는 가능성은 더욱 커지게 되는 단점이 있다. 따라서 면광원을 장시간 동작시킬 경우 램프의 방전상태 변화 및 구동회로의 열적변화로 인하여 동작점이 방전수축 영역으로 넘어갈 수 있다. 이러한 현상은 그림 2의 경향을 띠게 되는데 대체로 구동 전압/전류가 증가함에 따라서 글로우 방전의 유지 시간이 짧아지게 된다. 램프의 안정적인 동작을 위해서는 이를 적절히 통제해야 하는데 가장 확실한 방법으로는 램프의 상태를 피드백 함으로써 방전수축상태로 천이 되는 것을 저지하는 것이다. 램프전류와 방전상태의 관계를 제시함으로써 피드백 시스템의 원리를 제시한다. 이러한 피드백 동작의 구현을 위해서는 센서부 및 적절한 구동회로 조절을 위한 제어부가 필요하게 된다. 이러한 면방전 램프의 피드백 제어 연구는 전 세계적으로 전무한 실정이다. 따라서 본 논문을 통해 면광원의 안정적인 구동을 위한 피드백 제어를 제안한다. 그리고 기존의 open loop 구동회로<sup>[1]</sup>와 제안

한 회로를 사용하여 장시간 면방전을 지속시킴으로 안정적인 동작과 방전수축상태로의 천이 유무를 비교함으로써 제안한 시스템의 우수성을 확인한다.

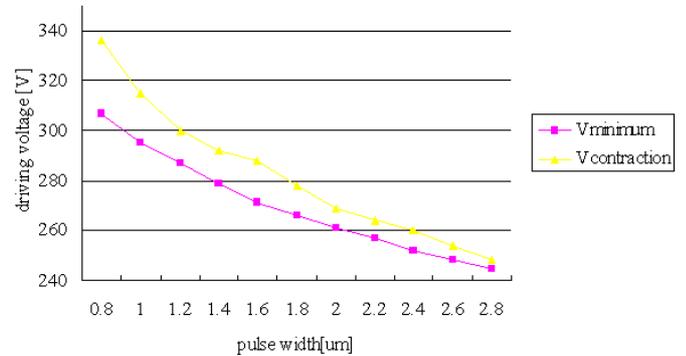


그림 1 구동전압과 펄스폭과의 관계  
Fig. 1 Relationship of drive voltage and pulse width

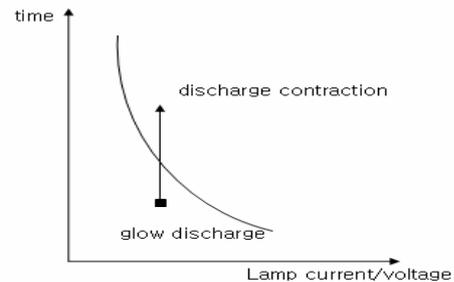


그림 2 시간에 따른 램프 특성 변화  
Fig. 2 Lamp state vs. time

### 2. 전류 피드백 시스템의 원리

그림 3(a)는 정상적인 글로우 방전의 초기 단계를 나타낸다. 그림 3(b)는 장시간의 면방전이 지속된 후 정상 글로우 방전에서 방전수축 상태로 가기 전의 천이 과정을 나타내고 있으며 그림 3(c)는 방전수축시의 램프 전류를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 램프는 초기 방전이 시작된 후 발광 시간이 늘어날수록 회로 상태나 패널 상태 등의 원인으로 램프 전류가 점점 증가하는 현상을 보인다. 그리고 그림 3(c)에서 알 수 있듯이 발광 시간이 더욱 길어지면 램프 전류가 더욱 증가하게 되고

결국 급격한 전류 증가와 함께 면광원은 방전수축 상태가 되어 정상적인 면방전을 할 수 없게 된다. 이러한 방전수축으로의 천이 과정과 전류의 관계는 램프전류 뿐만 아니라 변압기의 1차측 전류, 혹은 입력 전류에서도 비슷한 경향을 보인다. 즉 전류의 상태를 통해 방전상태를 확인할 수 있음을 의미한다.

따라서 이러한 램프의 전기적 특성을 감지하고 램프 구동회로를 조절함으로써 방전수축으로 천이하기 전에 램프동작을 글로우 방전상태에 머물면서 안정적으로 구동할 수 있게 한다.

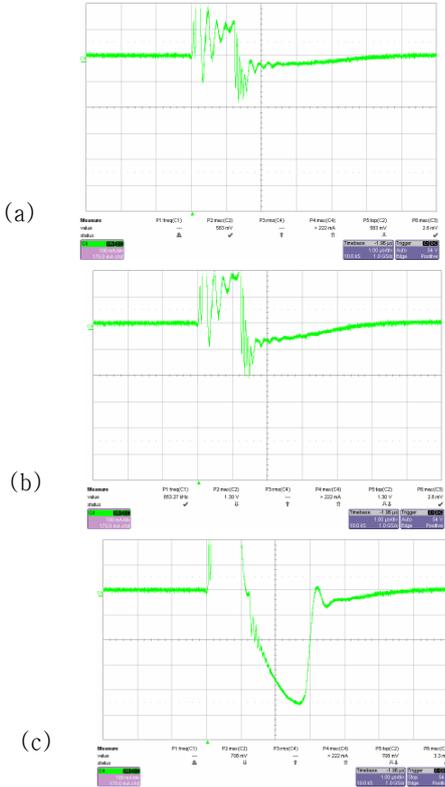


그림 3(a) 초기 정상 글로우 방전시 전류 (b) 장시간 면방전이 지속된 후 램프 전류 (c) 방전수축시 램프 전류  
Fig. 3(a) glow discharge state (b) long-term excitement (c) Discharge contraction state

### 3. 시스템 구성

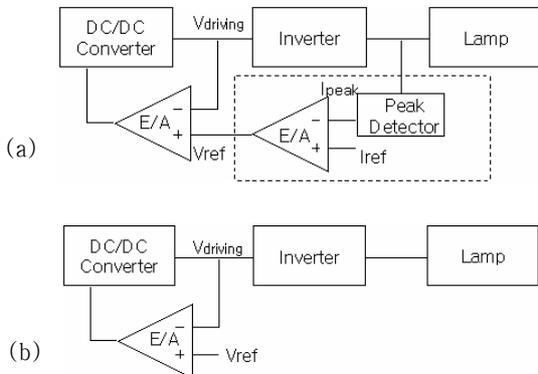


그림 4(a) 제안한 시스템 블록도 (b) 기존 구동회로 블록도  
Fig. 4(a) proposed closed-loop system (b) conventional open-loop system

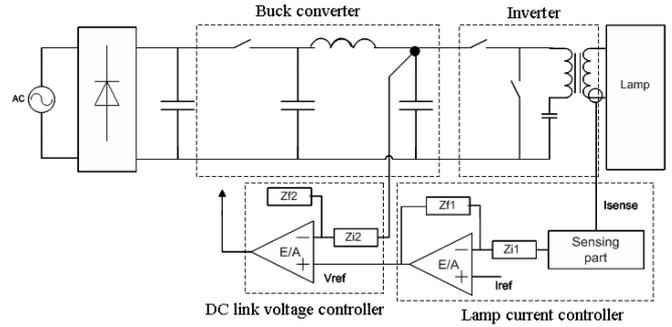


그림 5 제안한 시스템의 회로 구성  
Fig. 5 The proposed prototype hardware schematic

그림 4(a)는 제안한 피드백 시스템의 블록도를 보여주고 있으며 그림 5는 시스템의 전반적인 회로 구성을 나타낸다. 시스템은 센싱부와 제어부로 구성된다. 센싱부는 센싱저항을 이용하여 램프의 전류를 측정하며 저항을 통하여 센싱된 전류는 램프 상태와 선형적인 특성을 보여주는 구간을 증폭한 다음 quasi-peak detector를 통해 저장된다. 따라서 quasi-peak detector는 램프 전류의 정보를 실시간으로 저장하고 있게 된다. 제어부는 Buck컨버터의 출력 전압을 가변 시킴으로 램프의 전류를 제어하는 역할을 한다. 그림에서 보듯이 전류 루프의 출력은 앞단의 Buck컨버터의  $V_{ref}$ 로 사용되며 램프 전류의 안정화를 위해 1-pole, 1-zero compensator를 사용한다. 램프전류가 증가함에 따라 전류 루프는  $V_{ref}$ 를 감소시키며 따라서 Buck컨버터의 출력전압이 감소하게 된다. 따라서 램프 전류 역시 감소하게 된다. 즉 이러한 피드백 동작을 통해서 장시간의 면방전에도 램프 상태가 방전수축으로 천이되지 않고 안정적인 면방전이 가능하다.

#### 3. 1 센싱부

다양한 센싱위치, 센싱방법, 전류 측정 값 등의 처리 방법이 있어 다양한 조합의 센싱부의 설계가 가능하다. 그 중 간단하고 동특성이 좋으며 선형성이 잘 발견되도록 하기 위해 실험에서는 저항센서를 이용하여 램프 전류를 직접 센싱했으며 저항 센서를 사용하였기 때문에 op-amp를 사용하여 buffer 기능과 선형성이 잘 나타나는 성분을 필터링하였다. 필터된 정보는 quasi-peak detector를 통해 peak 값을 저장하게 되며 이러한 형태로 센싱부를 구성하였다.

#### 3. 2 제어부

구동 전압, 주파수, 펄스폭 등 다양한 제어 변수를 사용하여 제어가 가능하다. 그 중 부품 수를 줄이고 간단한 제어기 설계를 위해 1-pole, 1-zero compensator를 사용하였다. compensator의 출력은 다양한 제어 변수 중 구동 전압을 제어하기 위해 DC link voltage controller의 레퍼런스 입력으로 사용된다.

### 4. 실험 결과

그림 6(a)는 제안한 시스템과 기존 시스템의 시간에 따른 램프의 피크 전류의 변화를 보여준다. 램프의 피크 전류는 앞의 전류 피드백 시스템의 원리에서 밝혔듯이 램프의 상태에 대한 정보를 보여준다고 할 수 있다. 그림 6(a)를 통하여 기존 시스템의 경우 불안한 방전상태를 보이며 점차 램프 전류가 증가하

다 1400초 정도에서 방전수축 상태가 되어 정상적인 면방전이 실패하였음을 알 수 있다. 반면 제안한 시스템의 경우는 기존의 구동회로 보다 훨씬 안정적인 상태를 보였을 뿐 아니라 장시간이 지나도 방전수축 상태로 천이되지 않고 안정적이고 정상적인 면방전을 하고 있음을 보여준다. 그림 6(b)는 (a)의 그림을 확대한 그림으로 open loop으로 동작하였을 경우 보다 피드백을 연결하였을 때 더욱 안정적인 면방전이 이루어지고 있음을 보여준다. 또한 그림 7은 시간에 따른 휘도의 변화를 보여주고 있다. 휘도의 측면에서 성능을 고려해 보았을 때 제안한 시스템은 시간에 따라 휘도가 바뀌지 않고 일정하게 유지되는 장점을 보였다. 따라서 Iref를 조절함으로써 dimming의 기능도 가능함을 보여주고 있다.

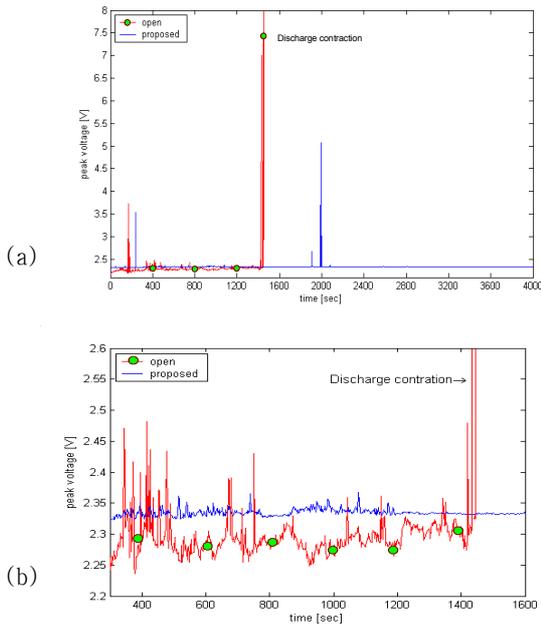


그림 6(a) 발광시간에 따른 센싱 전류  
(b) 그림 6(a)를 확대한 그림  
Fig. 6(a) sensed lamp current and radiation time  
(b) local duration of (a)

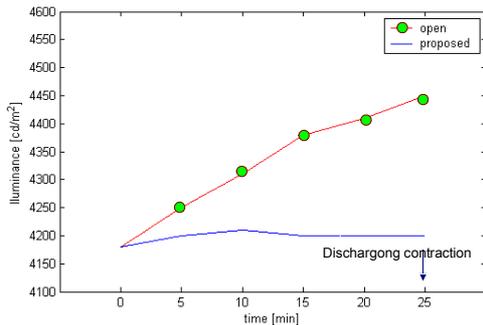


그림 7 발광 시간에 따른 휘도  
Fig. 7 luminance and radiation time

## 5. 결 론

면광원의 글로우 방전 유지를 위한 피드백 구동 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 램프의 전류를 일정하게 유지하고 피드백의 제어를 통해 방전 수축을 방지할 수 있다. 램프의

방전 상태와 램프 전류와의 관계를 제시함으로써 램프 전류 제어를 통해 방전상태를 변화시킬 수 있음을 보였다. 제안한 시스템은 2x2 면광원 셀과 Buck컨버터, 그리고 펄스형 인버터를 사용한 실험을 통하여 증명 되었으며 실험 결과는 장시간의 방전이 지속되었을 때 제안한 시스템을 연결하였을 경우가 방전수축 없이 기존의 open loop 보다 안정적인 글로우 방전을 보여주었다. 결국 제안한 시스템을 통하여 가장 기본적인 목표인 방전수축 상태로의 천이를 방지할 수 있으며 센싱한 전류에 의해 앞단의 Buck컨버터의 레퍼런스가 조절되기 때문에 Buck컨버터가 외란에 둔감한 장점이 있다. 또한 open loop과 비교했을 때 램프의 밝기를 일정하게 유지할 수 있다는 장점이 있으며 더불어 제어기의 입력 값을 조절함으로써 dimming 효과를 얻을 수도 있다. 더불어 제안한 시스템은 위의 면광원뿐만 아니라 방전수축이 아닌 지속적인 글로우 방전을 필요로 하는 여러 응용에도 응용될 수 있을 것이라 생각된다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. H. Park, I.K Lee, B. H Cho, Ju Kwang Lee, Ki-Woong Whang, "High Efficiency Inverter Systems for Driving Mercury-free Flat Fluorescent Lamps," *PCC '07*, pp. 717-720, 2007.
- [2] Ju kwang Lee, Tae Jun Kim, Hae youn Jeong and Ki-Woong Whang, "High efficiency Mercury-free flat light source for LCD Backlighting," *SID 05 Digest*, pp. 1309-1311, 2005.
- [3] M. Ilmer, R. Lecheler and M. Seibold, "Efficiency Enhancement of Hg-free Fluorescent PLANON Backlights by CAF," *IDW '99*, pp. 1107-1108, 1999.
- [4] T. Shiga, S. Mikoshiba and S. Shinada, "No-Mercury Flat discharge Lamp for LCD Backlighting," *IDW '99*, pp. 347-350, 1999.
- [5] Y. Ikeda, T. Shiga, S. Mikoshiba, "Mercury-Free, Simple-Structured Flat discharge LCD Backlights Ranging from 0.5 to 5.2-in. Diagonals," *SID 00 Digest*, pp. 938-941, 2000.
- [6] Ju kwang Lee, Byungjoo Oh, Jaechul Jung, and Ki-Woong Whang, "High luminous efficiency Mercury-free flat light source for LCD BLU," *IMID 05 Digest*, pp. 1161-1164, 2005.
- [7] Ju kwang Lee, Jaechul Jung, Byungjoo Oh, Inwoo Seo, Joongkyun Kim and Ki-Woong Whang, "The Electro-optic Characteristics of MFFL," *SID 06 Digest*, pp. 1422-1424, 2006