

CNT 구동을 위한 면광원 안정기

박동혁*, 정혜만**, 김종현***, 유동욱***, 송의호*
에어텍시스템*, 창원대학교**, 한국전기연구원***

The ballast for mercury-free lamp with Xe

Dong-hyuck Park*, Hye-man Jung**, Jong-hyun Kim***, Dong-Wook Yoo***,
Eui-ho Song**

Airtecsystem*, CHANGWON UNIV.**, KERI***

ABSTRACT

탄소나노튜브를 이용한 이미터 전계방출 면광원용 안정기를 제안한다. 안정기는 고전압 직류전압 부분과 양극의 펄스를 생성하는 부분으로 구성되어 있다. 탄소나노튜브를 이용한 전계방출 램프는 3가지의 전극(애노드, 게이트, 캐소드)으로 구성되어 있는데, 애노드와 게이트 사이에는 고전압 직류가 공급되고 게이트와 캐소드 사이에는 양극의 펄스가 공급된다. 램프 및 안정기를 보호하기 위하여 과전류, 과전압, 과온도에 대한 보호 기능을 추가하였고, 실험을 통하여 제안된 방식이 탄소나노튜브 램프 구동을 위한 적합함을 검증하였다.

1. 서 론

고효율과 고휘도를 가지는 새로운 발광원에 대한 연구는 활발하게 진행되고 있고, 그 중 FED는 평판 디스플레이에서 가장 전도유망한 면광원중의 하나이다^[1-2]. 특히 CNT 이미터를 사용하는 FED(Field emission display)는 새로운 발광원 시장에서 가장 많이 시도되고 있다.

Spindle형태의 몰리브덴을 사용한 이미터 기술은 현장에서 3년 이상 사용되어 오면서 신뢰성과 그 가능성을 입증 받았다^[3]. 큰 사이즈의 CNT FED 패널은 개발 중에 있는데, FED는 작거나 중간 크기의 패널 등에 응용 될 뿐만 아니라 큰 크기의 패널에도 사용 될 것이다.

FED의 핵심인 전계방출은 전기장이 진공상태에서 뾰족한 팁 모양의 이미터들에 가해지면 전자가 방출되는 원리이다. 이때 CNT가 FED에 이미터로 사용되면 우수한 특성을 나타낸다^[4-5].

현재 CNT FED를 구동하는 방법에 있어서는 직류 고전압 모드, 고주파 인버터모드, 그리고 고주파 펄스인버터 모드 등이 있다. CNT 이미터 전계방출을 적용한 새로운 발광원의 경우, 직류 고전압 모드만 이용되어왔다. 그러나, 이런 경우 효율과 CNT 램프의 짧은 수명측면에서 많은 단점이 있다^[6-8]. 따라서 효율과 CNT램프의 짧은 수명을 향상시키기 위하여 3극 구조인 CNT램프에서 게이트와 캐소드 사이에 펄스 전압을, 애노드와 캐소드 사이에는 고전압 직류전압을 공급하는 방식을 적용하였다^[9]. 본 논문에서는 CNT 이미터를 가진 전계방출 램프용 안정기를 제시하였다. FIG. 1에서 보듯이 3극진공관 CNT

램프를 구동 시키기 위해 안정기는 애노드와 캐소드 사이에는 높은 직류 전압 공급원으로 직류 전압을 공급되고, 게이트와 캐소드 사이에는 양극 펄스 전압을 공급하였다. 즉, 애노드를 통해 공급되는 높은 직류전압과 게이트를 통해서 공급되는 양극의 펄스 전압을 하나의 안정기에서 동시에 공급하였다.

2. CNT를 이용한 전계방출 램프를 위한 안정기

그림 1에서 CNT이미터를 가진 전계방출 램프용 안정기의 전체적인 블록 다이어그램을 보여준다. 안정기는 고전압 직류 부분과 양극의 펄스를 생성하는 부분으로 구성되어 있다. 이 두 부분들은 AC-DC 부분을 통과한 선간 전압으로부터 세 전극을 위한 직류 고전압과 양방향 펄스를 얻을 수 있다. PFC(power factor correction)를 포함한 AC-DC 부분은 역율을 향상 시키고 고조파를 감소시킨다.

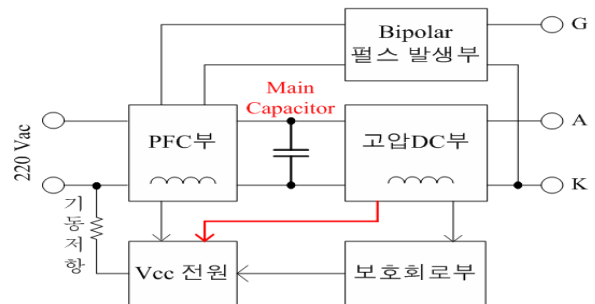


그림 1 CNT를 이용한 전계방출 램프를 위한 안정기의 구성도
Fig. 1 Block diagrams of the hybrid ballast for field emission lamp with CNT emitter.

2.1 직류 고전압 부분

그림 2에서 직류 고전압 부분의 그림을 보여준다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 V_{in} 은 220Vac 단상으로부터 얻어지는 PFC의 출력전압이다.

1차 측에서부터 2차 측까지의 에너지를 효율적으로 변환하기 위해서 병렬 공진 하프브리지인버터를 적용하였고, 주파수 제어 방법을 이용하여 출력직류 전압을 제어하였다. 애노드와 캐소드를 구동하기 위한 최대 10kV의 출력전압을 고전압 변압기와 전압 배압(Cockroft-Walton)회로로부터 얻을 수 있었다. 10kV의 고전압을 얻기 위하여 변압기의 1차 측과 2차 측 사이

의 비는 약 32:230이고, 이 비는 2차 측에서의 2kV의 승압을 가능하게 하였다. CNT부하에 적용된 5배의 승압 회로에서 최종적으로 10kV의 출력전압을 얻을 수 있었다.

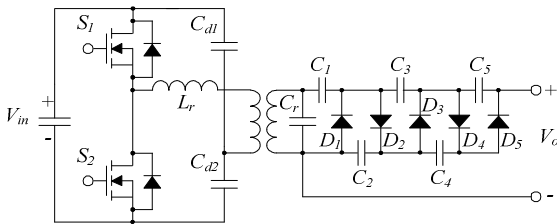


그림 2 고압 직류 전원부
Fig. 2 High voltage dc part

2.2 보호 회로

보호 회로부는 고압 DC부의 인덕터 전류 및 출력전압을 감지하여 중요한 기능을 수행한다.

저부하 보호기능을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 저부하 검출은 고압 DC부의 인덕터 전류를 검출 (T1)하여 정류 (D1), 필터링 (L1,C1)하고, 저항 (R1)을 통해 전압 (VS)으로 바꾸어 준다. 정상부하 일 때는 제너 다이오드 D4를 적절하게 설계하여 이 전압이 제너 다이오드 D4를 거쳐 트랜지스터 Q2를 켜서 Q2의 컬렉터 전압 (VX)가 high가 되지 않고, 저부하 일 때는 이 전압이 제너 다이오드 D4를 통과하기 못해 트랜지스터 Q2를 켜지 못하고 전압 (VX)가 high가 되, latch회로가 동작을 해서 안정기가 보호 된다.

과부하 보호기능을 살펴보면 다음과 같다. 과부하 검출은 마찬가지로 전압 VS로 하며 정상부하 일 때는 제너 다이오드 D3을 적절하게 설계하여 이 전압이 제너 다이오드 D3을 통과하기 못하게 하여 거쳐 트랜지스터 Q1을 끈다. 이 때 Q2의 컬렉터 전압 (VX)는 Low를 유지하고 있다. 과부하 일 때는 이 전압이 제너 다이오드 D3을 통과하여 트랜지스터 Q1을 켜다. Q1이 켜지면 트랜지스터 Q2를 꺼지게 되고 전압 (VX)가 high가 되, latch회로가 동작을 해서 안정기가 보호 된다.

무부하 및 과전압 보호기능은 다음과 같다. 무부하시 출력 전압이 상승하는 것을 이용하여 무부하 검출을 하였으며 출력 전압 검출은 R9,R10을 통해 하였으며 검출된 출력 전압이 Vref이상이 되면 OP Amp의 출력이 Low로 떨어져 photocoupler를 구동하여 VY가 high가 되, latch회로가 동작을 해서 안정기가 보호 된다. 마지막으로 과온도 보호기능을 살펴보면 다음과 같다. 온도가 상승하면 온도 검출소자 R3에 걸리는 전압 VZ가 상승하고 이 전압은 제너 다이오드 D2를 통과하여 트랜지스터 Q1을 켜다. Q1이 켜지면 트랜지스터 Q2는 꺼지게 되고 전압 (VX)가 high가 되, latch회로가 동작을 해서 안정기가 보호 된다.

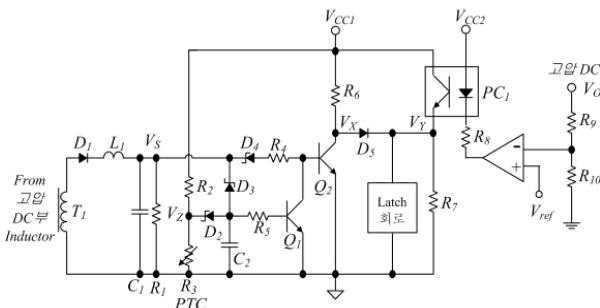


그림 3 보호 회로부
Fig. 3 Protection circuit part

2.3 양극 펄스 발생 부분

3극관 유형에서 CNT 3극관의 캐소드와 애노드 사이에 고전압 직류가 공급되고 게이트와 캐소드 사이에는 양극의 펄스가 공급된다.

그림 4은 양극의 펄스 발생 부분의 신호를 보여준다. 양극의 펄스 발생 시스템에서, +Vr은 스위치 S1 과 S4가 동시에 켜질 때 나타나고, -Vr은 스위치 S2 와 S3 가 동시에 켜질 때 발생한다. VAB는 변압기를 사용하여 Vpulse로 옮겨진다. 변압기와 CNT 램프의 게이트와 캐소드 사이의 커패시터의 누설 인덕턴스 때문에, Vpulse는 VAB의 사각파형에서 반 사인곡선 파형을 가지게 된다.

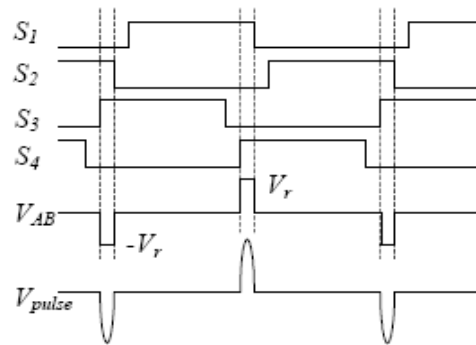


그림 4 양극 펄스 발생부
Fig. 4 Bi-polar pulse generation part.

3. 실험결과

CNT 이미터를 가진 전계방출 램프를 위한 안정기는 그림 5에서 보는 바와 같이 실행된다.

그림 6에서는 안정기의 실험 파형을 보여준다. 그림 6(a)의 그림은 입력전압과 전류에 대한 파형이다. 입력 전류는 사인파형이며, 위상은 입력전압과 동일하다. 현재 power factor 는 0.98이다. 그림 6(b)는 전류의 고조파 성분들을 보여준다. 이 고조파 전류들은 Class C의 제한을 만족시킨다. 그림 7에서는 과하에서 보호회로의 동작 파형을 보여준다. 그림 8은 출력파형을 보여준다. 애노드와 캐소드 사이의 전압은 직류 고전압 (8.5 [kV])이다. 최대 256 [V]을 가지는 반 사인곡선 파형은 게이트와 캐소드 사이에 공급이 되고 그 주파수는 15 kHz이다.

현재, 입력전력은 77 [W]이고 출력 광도는 4650 [cd/m²]이다. 그림 9는 CNT 이미터를 가진 전계방출 램프 사진이다.

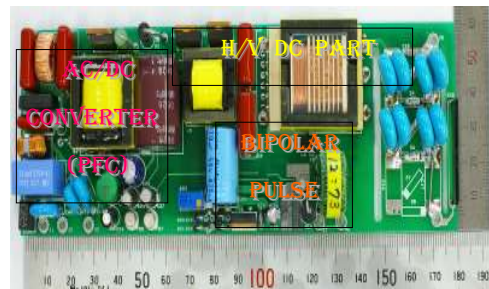
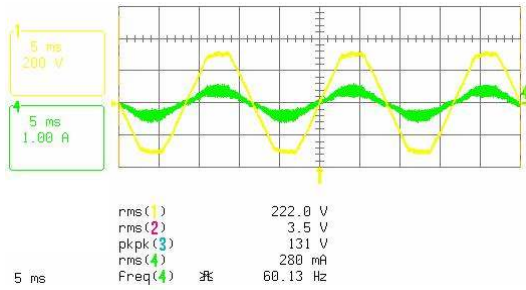
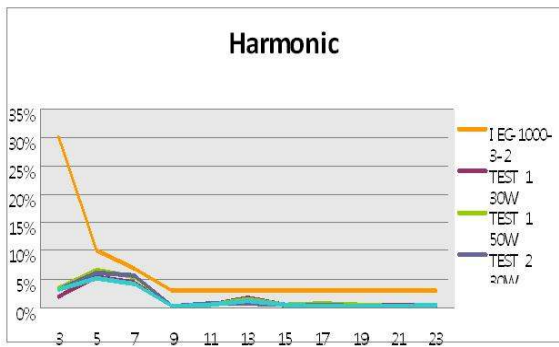


그림 5 안정기의 실제 모습
Fig. 5. The photograph of the hybrid ballast



(a) 입력 파형
(a) Input waveforms



(b) Harmonic components of current

그림 6 안정기의 고조파 성분과 입력 파형
Fig. 6 Input waveforms and harmonic components of the hybrid ballast

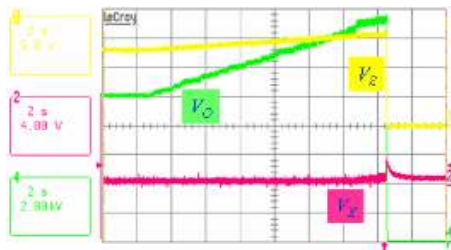


그림 7 보호 회로 부의 파형
Fig. 7 Wave forms for protection circuit part

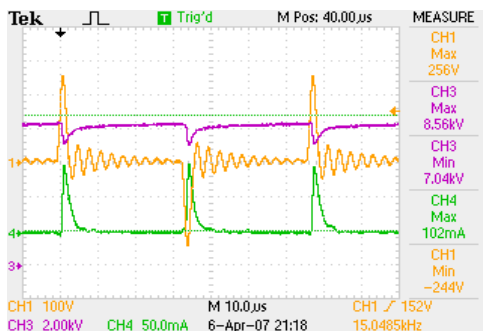


그림 8 안정기의 출력 파형
Fig. 8 Output waveforms of the hybrid ballast.



그림 9 CNT를 이용한 램프의 구동모습
Fig. 9 The photograph of field emission lamp with CNT emitter

4. 결론

CNT이미터를 가진 전계방출 램프를 위한 안정기를 제시하였다. 안정기는 고전압 직류부분과 양극의 펄스를 발생시키는 부분으로 이루어져있다. CNT를 가진 전계 방출 램프는 3개의 전극 (애노드, 게이트, 캐소드)으로 구성된다. 애노드와 게이트 사이에는 고전압 직류가 공급되고, 게이트와 캐소드 사이에는 양극의 펄스가 공급된다. 또한, 개발된 안정기에 보호회로를 추가하여 면광원 및 안정기를 보호하여 신뢰성과 수명을 향상시킬 수 있다. 이 연구는 CNT 면광원의 상업적인 이용을 위한 초기단계이며 현재 시스템 효율과 완성도를 높이는 작업을 하고 있다.

참고 문헌

- [1] Lee Young-hee, "The Physical Property and Application of Carbon Nanotube", Sae Mulli (The Korean Physical Society), Vol.51, No. 2, pp. 84-144, August 2005.
- [2] Cho Jae-chul, Kim Ji-seoung, and Gu Hal-bon, "Recent Trend of FED (Field Emission Display)", The Journal of The Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, Vol. 9, No. 9, pp.964-968, 1996.
- [3] R.H. Baughman et al, "Carbon Nanotubes-the route toward application", Science 297, pp.787-792, 2002.
- [4] Park Chong-yun, Lee Yang-doo, Ju Byung-kwon, and Jeon Young-jin, "Development of new lighting source with high efficiency using carbon nanotube", The 18th Workshop of Energy Saving Technology, November 2003.
- [5] Choi Won-bong, Lee Nae-sung and Kim Jong-min, "The Field Emission Display using Carbon Nanotube", The Journal of The Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, Vol. 13, No. 5, pp.44-48, 2003.
- [6] Chun-tao Lee, Yung-Chiang Lan, Bing-YuoTsui, and Cheng-chung Lee, "New driving method for triode CNT-FED", Technical digest of IVM 2003, Vol. 05, No. 3, pp.45-46, 2003.
- [7] Sang-su Kim, Yong-bae Kim, Sin-du Lee, and Jong-duk Lee, "Display Engineering", 2nd Edition, pp.426-486, March 2000.
- [8] Myung-hyo Ryu, Ju-won Baek, Jong-hyun Kim, and Dong-wook Yoo, "A study on the pulse generator for CNT lamp driving", IECON2006, pp.2683-2687.