

Xe(제논)을 이용한 무수은 면광원 안정기

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

The ballast for mercury-free lamp with Xe

Hye-man Jung*, Dong-hyuck Park**, Jong-hyun Kim***, Byung-duk Min***,
Eui-ho Song**
Airtecsystem*, CHANGWON UNIV.**, KERI***

ABSTRACT

최근에 환경친화적인 관점에서 많은 형태의 무수은을 이용한 형광램프가 연구되어오고 있다. 그 중에서도 제논을 이용한 형광램프는 수은을 대체하는 방전기체의 조건을 만족하고 있다. 따라서 제논을 이용한 면광원의 구동 시 지금의 수은이 들어간 광원의 구동에 있어서 안정기요건이 차이가 있으므로, 본 논문에서 제논을 이용한 면광원을 위한 안정기를 제안한다. 제안된 면광원 안정기는 크게 AC입력 측의 PFC (power factor correction)부분과 면광원을 구동하는 인버터 부분으로 구성되어있다. 특히, 인버터 부분에서는 제논 면광원의 특성에 대응하기 위해서 정전력회로, 아크 방지 기동회로 등이 포함되어 있다.

1. 서 론

형광램프는 전기-광학적 특성을 좋게 하게 위하여 수은방전을 사용한다. 그러나 수은(Hg)의 이용은 외부 온도에 따라 특성이 변하는 결점과 환경적인 문제가 있다. 따라서 환경규제에 대응하기 위해 무수은을 이용한 형광램프에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 무수은을 이용한 램프는 수은을 방전가스로 사용하지 못하므로 새로운 방전가스를 찾아야만 한다. 화학적으로 안정되지 못한 가스를 사용하게 되면, 방전 중에 분해될 수도 있고 형광체와 반응할 수도 있어 시간이 지나면서 형광램프의 발광 특성이 변하게 된다. 이런 이유로 화학적으로 안정한 주기율표상의 8 족 원소들을 방전 가스로 사용하였다^[1]. 이러하듯이 무수은을 이용한 면광원의 연구가 활발히 진행되고 있고, 나아가서 수명개선과 좀 더 균일하고 안정된 방전을 위한 구동 조건을 찾는 연구가 활발히 진행되고 있다.

현재 전 세계적으로 환경오염에 영향을 주지 않는 무수은 타입의 면광원 개발에 열중하고 있으며, 그 중 제논 이 수은 대신 들어가는 타입이 가장 앞서 있는 것 중 하나이나 제논을 사용한 면광원은 광원의 특성상 광원을 구동하고 난 후 시간이 지날수록 면광원의 온도가 상승하고 소비하는 전력이 커지고, 전력이 증가하면 면광원에 아크가 발생하는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점은 면광원의 수명과 신뢰성 측면에서 치명적인 영향을 준다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 면광원 구동용 안정기의 정전력 제어 회로와 아크 방지 기동회로를 인버터 부분에 추가하였다.

제안된 안정기는 크게 AC 입력부를 통해 들어오는 상용 교류 전압을 직류(DC)전압으로 변환하는 과정에서 생기는 입력 전류와 전압의 위상차에 의한 전류 고조파성분을 제거 하기 위한 PFC부분과 전원부로부터 동작전압을 받아 고주파 스위칭, 정전력 회로, 아크 방지 기동회로 등이 포함된 인버터 부로 크게 나누어질 수 있다.

2. 무수은을 이용한 램프의 안정기

그림 1에서 무수은을 이용한 램프의 전체적인 구성도를 보여준다. 안정기는 AC입력 측에 EMI 대책을 위한 필터부, 역률 향상을 위한 PFC부분과 제논의 특성에 따른 면광원의 구동 단점을 보완해 주기 위한 정전력 제어기능과 아크 방지 기동 회로부분이 추가된 인버터 부분으로 이루어져있다.

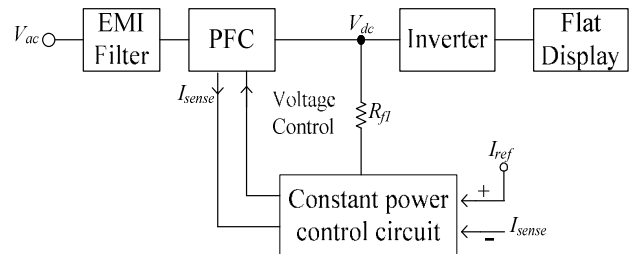


그림 1 제논을 이용한 무수은 안정기의 전체적인 구성도
Fig. 1 Block diagrams of the ballast for mercury-free lamp with Xe

2.1 PFC 부분

제논을 이용한 무수은 램프의 시스템은 무수은 램프와 램프에 방전을 일으키기 위한 인버터로 구성되어 있고, 이 인버터의 전원은 상용전원에서 플라이백 컨버터를 사용하여 만든 DC 전원을 쓰게 된다. 플라이백 컨버터와 인버터는 고주파로 동작하여, 이에 따라 발생하게 되는 EMI 노이즈는 다른 기기에 오작동이나 성능 저하 등에 영향을 주게 되므로 EMI의 양을 줄이는 대책이 필요하다^[2].

일반적으로 스위칭 전원 공급 장치는 입력 AC 전압을 약간의 리플을 갖는 DC 전압으로 변환한다. 이러한 경우 역률이 낮아지게 되며, 입력 전류의 고조파 성분이 증가하며, 낮은 역률 때문에 무효 전력이 증가하여 많은 전류가 흐르게 된다^[3]. 따라서 이런 문제점을 해결하기 위해 AC-DC 변환 시 PFC 회로를 사용하여 역률을 향상 시켜, 입력 전류의 고조파 성분을

감소시키고 입력 전류의 위상을 입력 전압의 위상과 일치 시켰다.

2.2 인버터 부분

인버터 부분은 제논을 사용한 면광원의 특성상, 광원을 기동하고 난 후 시간이 지날수록 면광원의 온도가 상승하고 소비하는 전력 또한 커지는 단점을 가지고 있다. 이렇게 전력이 증가하면 면광원에 아크가 발생하여 면광원의 수명과 신뢰성 측면에서 치명적인 영향을 준다. 따라서 이렇게 전력이 커지는 특성을 막아 면광원을 안정적으로 구동하는 면광원 구동용 안정기의 정전력 제어 회로를 활용하였고, 또한 아크가 발생하는 현상을 방지하기 위하여 아크 방지 회로를 포함 하고 있다.

2.2.1 정전력 발생 부분

면광원의 특성에 의해 시간이 흐를수록 면광원에 흘러 들어가는 전류는 증가하는데, 이렇게 전류가 증가하면 Vdc의 크기는 줄여주어야 Vdc의 전력은 일정하게 된다. 이를 위해 다음과 같이 구성하였다.

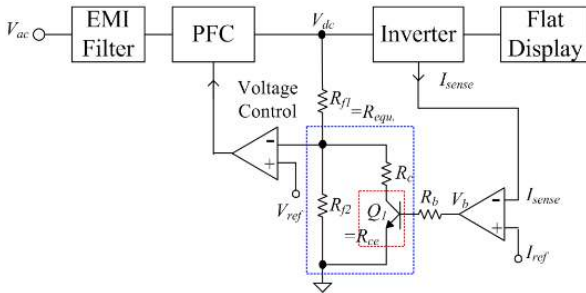


그림 2 정전력 회로
Fig. 2 Constant power circuit

먼저, 인버터(inverter) 부의 전류를 센싱하여 이것이 증가하면 Vb가 감소하게 하여 Q1의 베이스 전류를 감소하게 하고, Q1의 컬렉트-이미터 등가 저항이 증가하게 하였다. 따라서 Rf2와 Rc와 Q1의 컬렉트-이미터 등가 저항 (Rce)의 합과 병렬로 구성되는 Requ는 증가하여 수식 (1)과 같이 결정되는 Vdc를 감소하게 하여 면광원으로 들어가는 전력은 정전력을 유지하게 하였다.

역률 보정부 (power factor correction)의 출력전압 (Vdc)은 Rf1와 Requ에 의해 다음 수식 (1)과 같이 정해진다.

$$V_{dc} = V_{ref} \times \frac{R_{f1} + R_{equ}}{R_{sens}} \approx V_{ref} \times \frac{R_{f1}}{R_{sens}} \quad (1)$$

$$R_{sens} = R_{f2} \parallel (R_c + R_{ce}) \quad (2)$$

여기서 일반적으로 Rf1은 Requ에 비해 10이상 이므로 위의 수식이 성립한다. Requ는 Rf2와 Rc,Rce의 합과 병렬연결 등가 저항이다.

정전력 회로의 한계를 살펴보면, Vb가 가장 작아져 Q1의 베이스 전류를 흘릴 수 없어 Rce가 무한대로 보여 Requ가 Rf2만으로 표현 되어 Vdc가 최저가 될 때가 그 한계이다. 면광원이 가장 밝을 때를 살펴보면, Requ가 가장 작을 때, 즉, Vb가 Q1의 베이스 전류를 충분히 흘려 Q1의 컬렉트-이미터가 포화되어 Rce를 무시할 수 있을 만큼 작아져 Requ를 Rf2와 Rc만의 병렬연결로 볼 수 있을 때, Vdc가 최고로 되었을 때 가장 밝다. 그림 2는 정전력의 개념을 실제 구현한 회로도 이다.

2.2.2 아크 방지 회로

제논 면광원의 안정 및 안정기의 안정적인 구동을 위해 아크 방지 기동 회로가 필요하며 면광원의 아크는 과도상태에서 면광원에 들어오는 에너지가 커질 수록 발생할 가능성이 높아 지므로 본 논문에서는 과도상태에서는 면광원을 전면 점등하는 최소한의 에너지만 공급하고 전면 점등 후 면광원에 들어가는 에너지를 충분히 공급하도록 하였다.

본 논문에서 제안하는 면광원 안정기의 아크 방지 기동 회로는 그림 3와 같다. 기동 시 과도상태에서 면광원에 최소한의 에너지만 공급하기 위해 최소 시비율 (duty)의 펄스가 면광원에 구동되도록 하였다.

먼저 그림 3에서 펄스의 on 시간 (Ton)을 결정하는 요소는 R3,C4,C6의 시상수에 비례한다. 따라서 on 시간은 C6와 병렬 연결되는 Q1의 동작 여부로 판단하게 되는데, 과도 상태에서는 C8에 충전된 전압이 작아 D4를 켜지 못 하고 과도 상태 이후에 C8에 충전된 전압이 D4의 개시전압 (thresh hold voltage)을 넘어서게 되면 Q1을 켜게 된다. 과도상태에서는 D4에 의해 Q1이 off 되어, Q1의 컬렉트-이미터 등가 저항 값이 거의 무한대로 되기 때문에 R3와 C4,C6(C4,C6가 직렬 연결됨)의 시상수가 최소가 되어 on 시간이 최소화 된다. 기동 후, C8에 충전된 전압이 D4의 개시전압 이상이 되면 Q1을 켜지게 하여 R3,C4(C6양단이 접지와 연결된 즉 C4에 의해 시상수 결정)의 시상수가 최대가 되어 on 시간이 정상 값이 되고 면광원에 에너지가 충분히 공급된다. 이렇게 기동 시와 정상 상태를 구분 하여 구동 함으로 기동 시 램프에 생기는 야킹 현상을 방지 할 수 있게 되어 램프 및 안정기의 수명과 안정성에 도움을 준다. 그림 4는 기동 시와 정상 상태의 출력전압의 구동 파형을 보여준다.

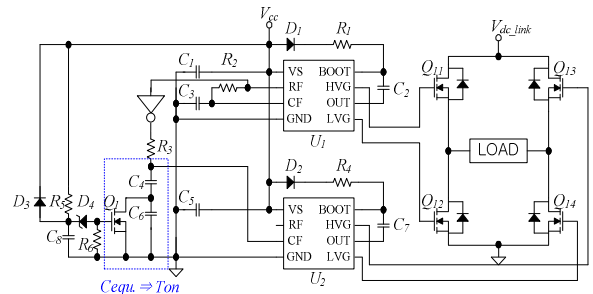


그림 3 면광원 안정기 아크 방지 기동 회로도
Fig. 3 Arc protection circuit for ballast

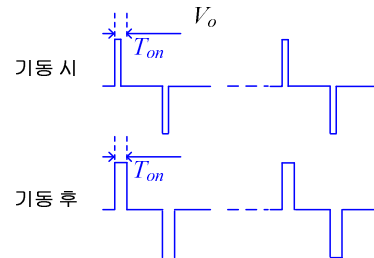


그림 4 기동 시와 정상 상태의 구동 파형
Fig. 4 Waveform of steady state and excessive state

3. 실험결과

그림 5에서 보는 바와 같이 제논을 이용한 무수은 안정기를

제작 하였다. 제논을 이용한 면광원은 그림 6에서와 같이 일반적으로 시간이 경과함에 따라 소비전력과 그에 따른 평균 휘도가 계속 상승 하는 모습을 보여준다. 따라서 이를 방지 할 정전력 회로가 필요하다. 그림 7은 정전력 회로 적용 시 시간의 경과에 따른 소비전력과 평균 휘도를 보여준다. 그림 6의 과형과 소비 전력의 측면에서 비교해 보았을 경우 시간이 경과함에 따라 소비전력이 계속 상승 하는 모습과는 다르게 일정한 전력의 범위 내에서 안정적으로 구동됨을 알 수 있다. 그림 8은 제논을 이용한 무수은 램프를 안정기를 이용하여 구동 하였을 때의 점등 시 사진이다.



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

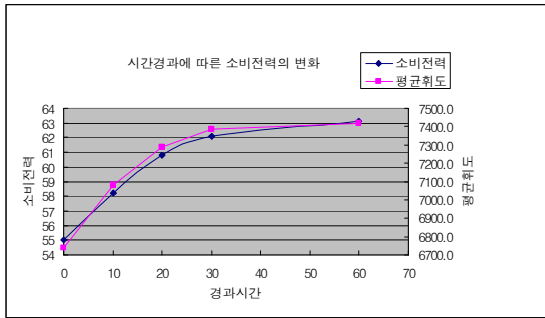


그림 6 소비전력에 따른 평균 휘도
Fig. 6 Average brightness for consumption power

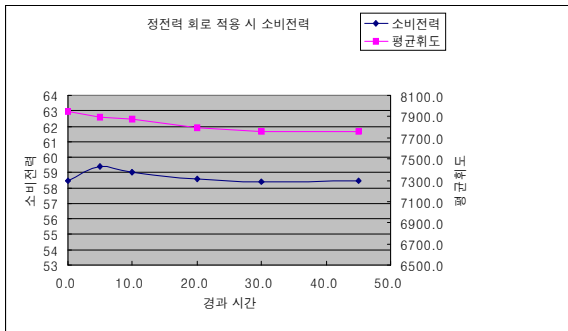


그림 7 안정기의 정전력 구동회로 동작 시 소비전력과 평균 휘도
Fig. 7 consumption power and average blightness on constant power circuit driving



그림 8 제논을 이용한 램프의 구동 시 모습
Fig. 8 The photograph of field emission lamp with Xe

4. 결론

본 논문에서는 제논을 이용한 무수은 램프용 안정기를 제안 하였다. 제안된 안정기는 역률 조정을 위한 PFC 부분과 면광원을 구동 시키기 위한 인버터 부분으로 나뉘어져 있는데, 인버터 부분에는 정전력을 위한 회로와 구동 시 시간이 경과 할 수록 면광원의 소비 전력이 커지는 현상에 의해 발생하는 단점을 보완 해 줄 수 있는 아크 방지 회로가 포함되어 있어서 면광원 및 안정기를 보호하여 신뢰성과 수명을 향상 시킬 수 있는 기대를 할 수 있다. 본 연구는 무수은을 이용한 면광원의 상업적인 이용을 위해 수행 되었으며, 현재 시스템 효율과 완성도를 높이는 작업을 하고 있다.

참고 문헌

[1] Soon-seok Lee and Sung-kyoo Lim, "Electro-Optical Characterization of Hg-Free Fluorescent Lamp for LCD Backlight", Korea contests, Vol. 6, No. 12, pp. 163-168, 2006.

[2] S. Park, S. Han, S. Yu, Y. Song, H. Jeong, and B. Jung, "A Study on EMI Filters' construction of 150W Electrodeless fluorescent lamp UTLRA's Ballasts", ,pp. 217-221, 2006.

[3] Seong-Hwan Kim, In-Ho Lee, Ji-Yoon Yoo, and Gwi-Tae Park, "A Study on the Design of a AC-DC Converter with High Power Factor", J. INSTITUTE OF IND. TECH.,KOREAUNIV.,Vol.31,pp.19-24.