

제논 유전체 장벽 방전형 평판형광램프용 Fly-Back방식 전자식 안정기 설계

(A design of Fly-Back electronic ballast for Xeon Dielectric Barrier Discharge Flat Fluorescent Lamp.)

조호연* · 이현행

(Ho-Yon Cho, Hyun-Heang Lee)

유양신전(주)

요 약

본 논문에서는 제논 유전체 장벽 방전형 평판형광램프용 Fly-Back방식 전자식 안정기를 설계하였다. 본 전자식 안정기는 Fly-Back방식의 능동형 역률 보상 회로와 인버터회로를 사용하여 기존의 Sine wave의 형태가 아닌 펄스파 형태의 출력을 만드는 고역률, 고신뢰성 전자식 안정기를 제작하였다. 제논 평판형광램프의 점등전압은 고압이 사용되므로 램프 파손의 경우와 무부하의 경우로부터 사고를 방지하기 위해 보호회로를 사용하여 이상전압, 이상전류에 의한 사고를 차단했다.

1. 서 론

본 논문에 사용된 제논 유전체 장벽 방전형 평판형광램프(이하 제논 평판형광램프)는 국제적으로 관심이 집중되고 있는 RoHS(Restricting the use of Hazardous Substances), 특정 유해물질사용제한지침에 초점을 맞춘 램프로써 기존의 형광램프와 달리 수은이 전혀 들어가지 않는 램프로써 수은을 대체해 제논 가스를 사용한 친환경 램프이다.

램프의 구조는 전극이 인쇄되어진 평판유리 위에 유전체가 도포된 하판과 제논의 여기파장인 147[nm]의 자외선을 가시광선으로 변환하기 위한 형광체가 도포되어진 상판의 평판유리로 형성되어있으며, 약 70,000시간의 장수명과 온도에 따른 특성변화가 거의 없다는 큰 장점을 가지고 있다.

제논 평판형광램프의 특징으로 전극 간에 유전체가 도포되어 있어 기생커패시턴스 성분이 존재하게 된다. 이 기생커패시턴스 성분을 공진에 사용하며, 이러한 이유로 램프를 점등하기 위하여 기존에 많이 사용하는 sine wave가 아닌 펄스형태의 파형을 사용하여 점등시키며, 램프의 크기(25~200[W])와는 상관없이 전극간의 거리와 가스 압이 동등하므로 점등전압은 약 2[kV]로 일정한 특징을 가지고 있다.

본 논문에 설계된 전자식 안정기는 Fly-back 방식을 사용하였으며, 상용전원을 입력으로 받아 정류회로를 통해서 정류하는 과정에서 생기는 불연속 피크전류에 의한 역률감소와 고조파 발생에 의한 왜곡을 보정하여 안정화된 직류전압을 만들기 위하여 능동형 PFC회로를 구성하였다. 램프의 점등전압이 고전압이므로 점등하기 위하여 트랜스포머를 사용하였고 램프에 인가된 펄스형태의 출력전압은 램프내부의 기생커패시턴스 성분과 트랜스포머의 인덕턴스 성분으로 인해 공진이 발생되어 2[kV]의 고전압이 생성된다. 이때의 전압이 인버터 트랜스포머를 통하여 역으로 트랜스포머 1차측으로 유기되는데, 이러한 이유로 트랜스포머의 턴비에 따라서 MOSFET을 병렬 및 직렬로 연결하여 구동하게 된다. 또한 램프의 점등전압으로 고전압이 사용되므로 감전이나 화재의 사고를 방지하게 위해 보호회로를 제안하였다.

2. 전자식 안정기 설계

2.1. L6561을 이용한 능동형 PFC 설계

그림1은 제논 평판형광램프용 안정기에 사용된 능동형 역률 보상 회로(Power Factor Correction, PFC)를 나타낸 것이며, 그림2는 PFC회로의 출력파형을 나타낸 것이다.

본 논문에 제안된 능동형 Fly-back 방식 PFC 회로는 제어 IC L6561을 사용하였으며 출력 전압을 50[V]와 Drive IC 구동용 전압 12[V]로 두 개의 출력전압을 사용하였다. 제안된 능동형 PFC회로는 입력단의 전류 파형을 전압 파형과 동 위상으로 만들어 줌으로써 역률을 보정해주며 출력전압을 조절할 수 있도록 Voltage Reference와 포토키퍼러를 이용한 피드백 회로를 가지고 있다.

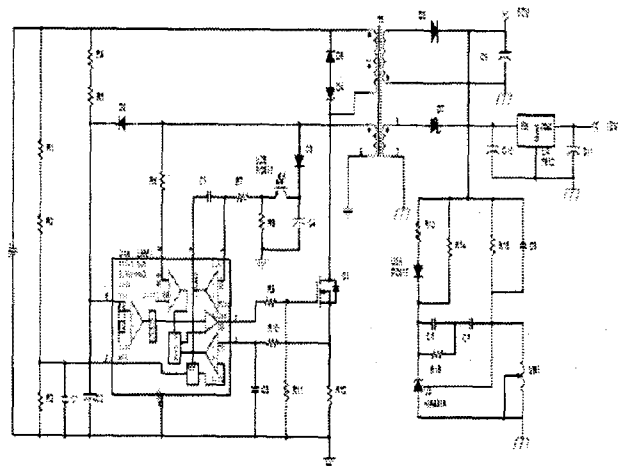


그림 1. 능동형 Flyback방식 PFC 회로

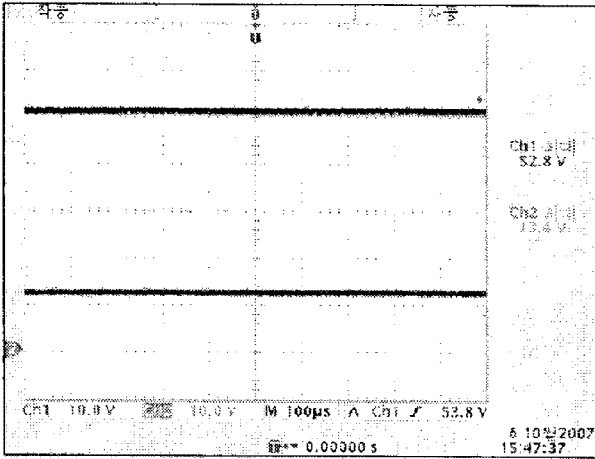


그림 2. 능동형 PFC회로 출력 파형

T1의 1차 인덕터 L_1 값 설계는 리플전류 Δi 의 관계식

$$\Delta i = 2 \left(I_{LP} - \frac{I_i}{D} \right) = 2 \left(I_{LP} - \frac{P_o}{\eta D V_i} \right) \quad (1)$$

와 입력전압 V_i 의 관계식

$$V_i = L_1 \frac{di}{dt} \approx L_1 \frac{\Delta i}{DT_s} \quad (2)$$

의 식(1)과 식(2)을 대입하여 L에 대하여 정리하면,

$$L_1 = \frac{V_{max} D_{max} T_s}{\Delta i} \quad (3)$$

여기서, I_i 는 입력전류의 평균치, I_{LP} 는 인덕터 최대전류, T_s 는 스위칭 주기를 나타내며, 식(3)과 같이 T1의 1차 인덕터 L_1 값을 계산 할 수 있다.

인덕터 L_1 값은 주파수 f 에 반비례 관계이므로 주파수가 너무 작을 경우 인덕터 L_1 값이 지나치게 커지기 때문에 적정 값을 설정 하여야 한다.

본 논문에 제안된 Flyback방식 PFC회로는 스위치가 온되면 T1의 1차측에 입력전압이 유기되어 전류는 선형적으로 증가하게 되며, 2차측에는 D6이 역바이어스 되어 차단되므로 에너지는 1차측 자화인덕턴스에 축적된다. 이때 스위치가 오프되면 자화인덕턴스에 축적되어진 에너지는 2차측 권선에 반대극성의 전압이 유기되어 D6을 도통시키며 방출되며 이때 T1의 전류는 선형적으로 방전하게 된다. 이러한 동작이 반복되며 여기서 R16과 VR1의 저항 비에 따라 분압 되어 L6561에 정해진 전압과 비교하여 일정한 직류전압을 출력해 주며, VR1의 저항 값을 가변함으로써 출력전압을 40~60[V]로 가변 출력할 수 있다.

2.2 LMC555를 이용한 타력식 인버터 설계

그림3은 제논 평판형광램프용 안정기에 사용된 인버터 회로이며, 구동 주파수는 50[kHz]로 설계하였다. 그림 4는 제작된 전자식 안정기의 인버터 게이트 전압과 출력 전압, 전류의

파형이다.

타력식 방식으로 일정 주파수로 동작하여 일정한 출력을 낼 수 있으며, 스위칭 온타임과 오프타임을 VR1과 VR2로 가변 가능하여 주파수 및 Duty 조절로 조광제어가 가능하다.

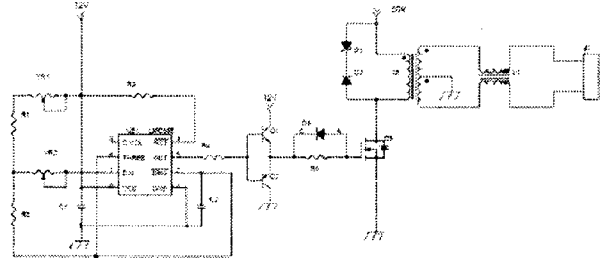


그림 3. 제논 평판형광램프용 인버터 회로

타력식 방식 인버터의 Drive IC는 LMC555를 사용했으며, 12[V]가 인가되는 NPN, PNP트랜지스터 베이스에 LMC555의 출력신호를 인가하여 MOSFET 게이트 구동전압을 인가해 준다.

Drive 회로에서 나오는 MOSFET 게이트 전압을 통해 Q3는 온-오프 되고 T2에 펄스형태의 전압이 인가된다. 이러한 펄스형태의 출력전압은 램프 내에 존재하는 커패시턴스 성분과 공진이 발생되어 램프 전극 간에 약 2[kV]의 고전압이 인가되어 점등된다. 이때 발생된 고전압은 역으로 T2를 통해 1차측으로 유기 되므로 MOSFET의 내압에 의해 파괴되지 않도록 T2는 적절한 턴비로 제작되어야 한다.

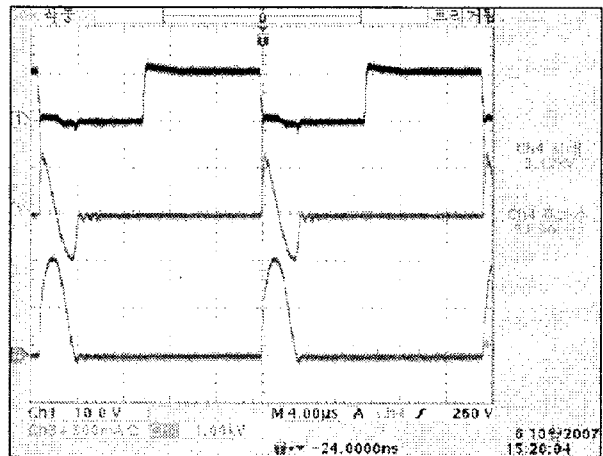


그림 4. 설계된 인버터 게이트 및 출력전압, 전류파형

펄스형태의 출력전압 온타임 $t_{(on)}$ 은 램프에 존재하는 기생커패시턴스와 트랜스포머 T2의 인덕터 L_2 값의 공진주파수이므로 T2의 인덕터 L_2 값에 비례하여 출력전압의 온타임 $t_{(on)}$ 은,

$$t_{(on)} = 2\pi \sqrt{L_2 C} \quad (4)$$

식(4)와 같다.

안정기 출력전력은 T2의 인덕터 L_1 값에 의해 결정되고 L_1 값을 계산하기 위하여 인덕터 최대입력전류 I_P 는,

$$I_P = \frac{V_i}{L_1} t_{on} \quad (5)$$

와 같이 되고 출력전력 P_O 은,

$$P_O = \frac{1}{2} L_1 I_P^2 f \quad (6)$$

과 같이 되고 식(5)와 식(6)을 대입하여 L_1 값으로 정리하면

$$L_1 = \frac{V_i^2}{2P_O} t_{on}^2 f \quad (7)$$

과 같이 정리하여 인덕터 L_1 값을 구할 수 있다.

여기서, L_1 과 L_2 의 관계는 $L_2 = a^2 L_1$ 이므로 출력전력과 출력전압 온타임(t_{on}), MOSFET 내압을 고려하여 적절한 턴비 a 를 선정하여 인덕터 L 값을 설계하는 것이 중요하다.

2.3 보호회로의 구성

약 2[kV]의 고전압을 사용하는 제논 평판형광램프는 과과나 무부하 상황에서 2차측 과전류 및 이상시 화재 및 사고를 방지하기 위해 그림 5와 같이 과전압 및 과전류 보호회로를 설계하였다.

정상상태에서 출력 전압을 R5와 R6의 분압을 이용해 R6으로 전압을 센싱하며, 과전압이 발생되면 LMC555타이머의 리셋에 신호를 인가해 구동을 정지시킨다. 또한 CT1을 이용해 1차측 전류를 센싱하여 이상전류가 발생되면 과전압 상태와 같이 구동을 정지시킨다. 재 점등은 이상상태를 보완한 후 입력전원을 리셋 하여 점등한다.

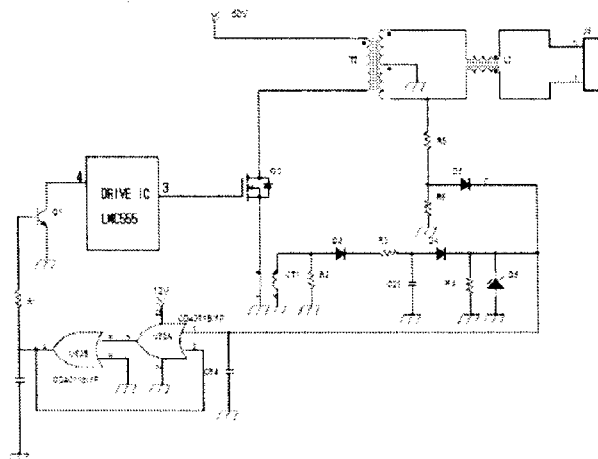


그림 5. 과전압 및 과전류 보호회로

3. 결론

제안된 Flyback 방식 PFC 회로를 사용함으로써 램프점등용 전원 50[V]와 Drive IC 구동용 전원 12[V]의 출력을 얻어 낼 수 있었으며, Voltage Reference와 포토커플러를 이용한 피드백회로를 사용하여 출력전압을 40~60[V]로 가변이 가능하도록 하였다.

또한 타력식 인버터 방식을 채택하여 스위칭 주파수에 온타임과 오프타임을 조절해 Duty 및 주파수를 가변 할 수 있어 PFC 출력 전압과 스위칭 주파수의 가변으로 조광제어를 가능하도록 하였으며, 고전압을 사용하므로 인체 감지 및 사고, 화재로부터 방지하기 위해 C-MOS IC를 이용한 보호회로의 이용으로 사고로부터 방지할 수 있다.

본 논문에 소개된 제논 평판형광램프는 35W급(200×156×10[mm]) 램프이며, 대형화(100~200W급)로 가면서 고출력으로 인한 트랜스포머 및 각 소자의 이용에 있어서 절연문제는 계속 연구되어야 할 것이다.

REFERENCES

- (1) 임민수, Xeon 유전체 장벽 방전형 면광원의 성능개선, 충북대학교 박사학위논문, 2005
- (2) 노재엽, RF통신기능을 부가한 고출력 저압UV램프용 전자식 안정기 설계, 호서대학교 박사학위논문, 2005
- (3) Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Vol. 16, No.6, pp.22~29 November 2002
- (4) 강범석, 김희준, "네온 램프용 전자식 안정기에 관한 연구" 전력전자학회, 전력전자학술대회논문집 1998년 학술대회논문집, 1998.7
- (5) 김수호, 조광제어를 위한 전자식 안정기 설계, 호서대학교 석사학위논문, 2001