전력전자학술대회 논문집 1998. 7. 2 ~ 4

전자식 형광등 안전기를 이용한 조명시스템의 연구

김영호*) U, 김민태*), 성세진*)
*)충남대학교 전기공학과

A Study of Illumination System with Electronic Ballast

Yonggao Jin*)U, Mintea Kim*), Sejin Seong*)
*)Dept. Electronic Engineering CNU

Abstracts

The electronic fluorescent lamp ballast can promote the lighting efficiency up to 10-20% by driving high frequency with frequency transformation technique, and can completely eliminate the flickering phenomenon occurring from 60Hz frequency. The electronic ballast provides very high energy saving effects for it has high power fact than traditional ballast, and it is convenient to use. can extend the life of fluorescent lamp for it starts at once by driving with high frequency. However electronic ballast needs high price. and it can reduce the stability and reliability. This paper provides illumination systems. which drive dozens of fluorescent lamps at the same time, to overcome these shortcomings of electronic ballast and utilize the advantage of electronic ballast.

1. 서 론

전자식 형광등안정기는 주파수변환기법을 이용하여 전원주파수를 상용주파수의 400 -600 배로 높여 형광등을 구동하기에 램프의 발광효율은 10-20[%]정도로 향상되고 60*Hz*의 상용주파수로 인하여 발생하는 프리커 현상을 근본적으로 해소할 수 있다.[3] 전자안정기는 보통 0.9-0.98의 역율을 가지는데 이는 재래식 안정기의 0.5-0.8의 역율보다 훨씬 높은것임을 알 수 있다. 실험에 의하면 재래식 안정기로 40W형광등을 구동하면 약 8W의 소실이 발생하지만 전자형광등 안정기를 이용하면 그 손실은 1.5W이하이기에 아주 높은 에너지절감효과가 있다. 또한 환경온도 $-40C^{0}$ ~ $+45C^{0}$이고 전원전압이 100V-220V 범위에서 사용이 가능하며 고주파로 구동하기에 단번에 점등할 수 있어 백열전등과 마찬가지로 사용이 편리하다. 고주파를 이용한 소프트스타트 방법의 사용으로 단번에 점등이 가능하기에 형광등의 수명을 연장할 수 있다. 그러나 전자식 안정기는 가격이 비싸고 신뢰성이 떨어지며 전자파장애를 일으키는 단점이 있다.[3]

본 논문에서는 전자안정기의 이러한 단점을 극복하고 장점을 최대로 이용하기 위하여 수 십 개의 형광등을 동시에 구동하는 조명시스템에 대하여 연구를 진행하였다.

2. 조명 시스템의 구성

수 십 개의 형광등을 동시에 구동하는 조명시스템을 고려할 때 두 가지 방법을 사용할 수 있다.

그림 1의 방법은 램프사이의 거리가 비교적 먼 경우에 사용할 수 있다.

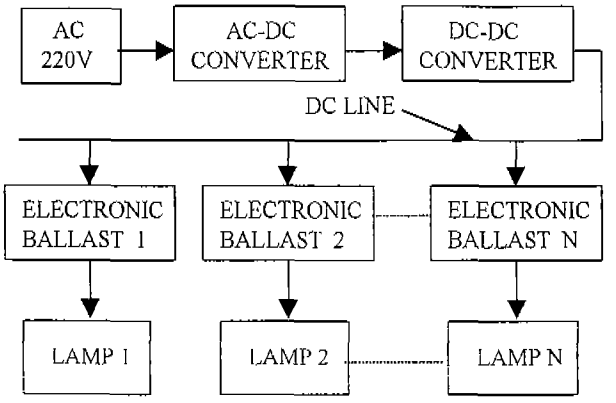

그림 1. 조명시스템 구성

220V의 교류전원을 정류한 다음 BOOST CONVERTER를 통하여 약 400V의 DC 전원을 얻는다. 이 방법으로 고역율의 AC-DC변환을 실행할 수 있다. 실제상 형광등구동에 사용하는 전압은 100V이

상이면 충분하므로 전자식안정기 부품의 정격전압을 낮추고 신뢰성을 높이기 위하여 DC-DC 컨버터를 이용하여 400V의 전압을 200V로 낮춘다. 이 전압을 DC라인을 통하여 각각의 전자안정기에 공급한다. 이 방법에서는 하나의 고역율 AC-DC변환기를 통하여 직류전원을 얻기에 전원의 효율을 극대화할 수 있으며 각 전자안정기는 정류부분이 없고 고주파변환부분만 있기에 신뢰성을 높일 수 있고 원가를 대폭 절감할 수 있다. 또한 각 안정기에 전송되는 전력은 직류이기에 선상의 전압강하가 적다. 때문에 옥내 조명시스템을 구성할 수 있다.

그림2 의 방법은 램프사이의 거리가 짧을 때 사용할 수 있다.

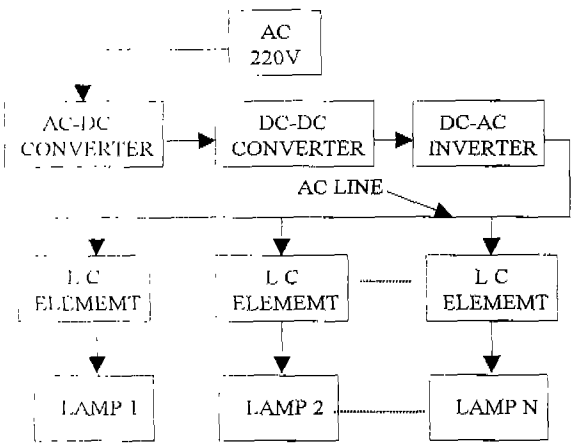

그림 2. 조명시스템구성 2

220V의 교류전원은 고역율 AC-DC 컨버터를 거쳐 400V의 전압을 얻고 다시 DC-DC컨버터를 이용하여 200V의 직류전압을 얻는다. 이 직류전압을 DC-AC 인버터를 이용하여 18KHz의 AC전압으로 변환한다. 이 18KHz의 전압을 AC라인을 통하여 각 램프에 공급한다. 램프를 구동하기 위하여서는 간단한 L, C, PTC 소자만 필요하기에 가격을 대폭 절감할 수 있고 신뢰성을 크게 높일 수 있다. 단 주파수가 높아 전송라인에 전압강하가 많이 발생하기에 램프사이의 거리가 멀어서는 안된다. 이 방법은 대형광고판의 제작에 사용할 수 있다.

3. 시스템 구성 1의 동작원리

3.1 AC-DC 와 DC-DC 변환방법

그림3 에 AC-DC변환 DC-DC변환의 회로를 나타내었다

고역율 AC-DC변환을 위하여 PWM 제어형 BOOST컨버터를 사용하여 출력전압을 400V 정도로 제어한다. 무부하 상태일 때 는 출력전압이 너무 높아지므로 과전압 보호회로를 설치한다. DC-DC변환에서는 PWM 제어형 BUCK컨버터를 사용하였다. 만일 스위칭손실을 줄이려면 공진형 컨버터를 사용하여도 되지만 회로가 복잡하여 진다.

교류220V의 입력측 전압과 전류의 파형을 그림4 에 나타내었다.

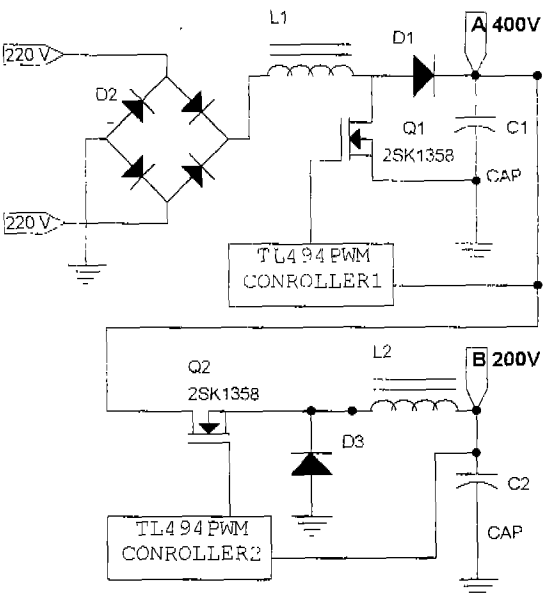

그림 3. AC-DC, DC-DC 변환부

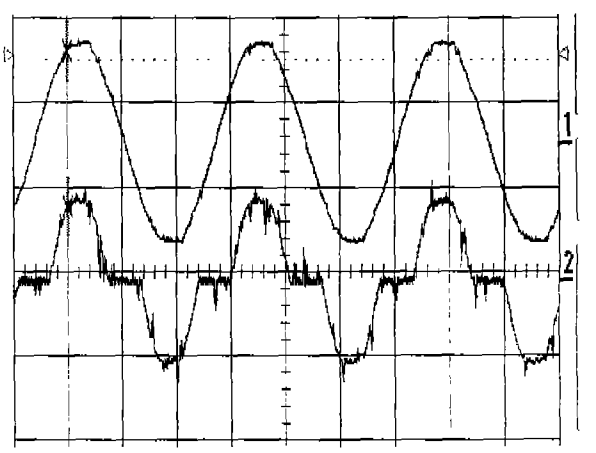

그림 4. 교류220V 입력전압과 전류의 파형

3.2 전자식안정기의 작동원리

전자식 안정기의 회로는 여러 가지가 있지만 결과

적으로는 신뢰성과 내구성, 코스트, 전자파장애 등 을 고려하여 설계하여야 한다. 전자식 안정기에서 쉽게 파손되는 부품은 파워트랜지스터이다. 본 실험에서는 파워트랜지스터 대신 VDMOSFET를 사용하여 트랜지스터의 케리어의 지연효과와 2차 항복전압이 존재하는 결함을 극복하였다. 또한 VDMOSFET는 스위칭속도가 빠르고 다이내믹 손실이 적고 열 온정성이 좋다. 때문에 이를 이용하여 안정기를 구성하면 안정기의 신뢰성과 내구성을 높일 수 있다. 그림5 에 전자식안정기 회로를 나타낸다.

이것은 하프 부릿지 방식의 회로인데 귀환전류변압기를 사용하여 두 개의 파워VDMOS를 스위칭하여 고주파변환을 한다. 이 방식에서는 회로구조상 스위칭소자의 출력전류가 0일 때 스위칭되므로 스위칭손실이 최저로 된다.

회로에서 콘데서 C5는 고주파 필터용이고 다이오드 D4, D8은 파워소자보호용이다. 제너다이오드 D5, D9는 입력전압을 제한하여 VDMOS를 보호한다. 회로의 작동원리는 다음과 같다. 전원을 넣으면 저항 R2를 통하
여 C8에 충전한다. C8의 전압이 다이애크 D7의 브레이크오버볼트에 도달하면 Q4가 도통되고 Q3은 차단된다. 이때 출력전류는 변압기코일5,6을 통하여 입력측으로 정귀환이 이루어지므로 Q3, Q4의 상태를 유지한다. 출력전류는 L3, C6으로 구성된 공진회로를 거치기에 전류가 일정한 크기에 도달한 다음 감소하기 시작한다. 전류가 거의 0 일 때 역방향의 역기전력이 코일1,2에 나타나 Q3이 도통되고Q4는 차단된다. 이러한 과정이 반복되어 회로는 자체발진을 유지하는데 출력전압은 구형파이나 전류는 사인파에 가깝다. 때문에 형광등의 양단전압도 사인파에 가깝다.

그림6 에 Q3의 양단 전압과 출력 전류파형을 나타내었고 그림7 에 형광등 양단 전압과 형광등에 흐르는 전류파형을 나타내었는데 진폭이 큰 것이 전압이다..

형광등의 점등과정은 다음과 같다. 전원을 넣으면 회로는 상술한 원리에 의하여 발진한다. 이때 PTC는 랭은 상태이기에 작은 저항치를 가진다. 때문에 시동전류는 식3-1에 의하여 결정된다.

$$I_0 = V/[R + R_p + j\omega L_3 + 1/j\omega C_4] \quad 3\text{-}1$$

식에서 I_0 는 형광등기동전류이고는 직류전원전압 V, R는 램프저항이고 R_p PTC의 랭온 상태의 저항이고 ω_1은 식 3-2 에 의하여 결정된다.

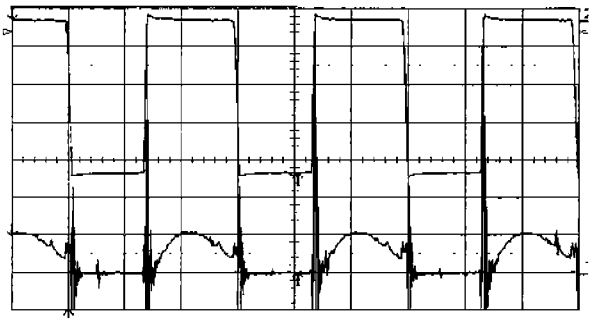

그림 6 VDMOS 양단의 전압과 출력 전류파형

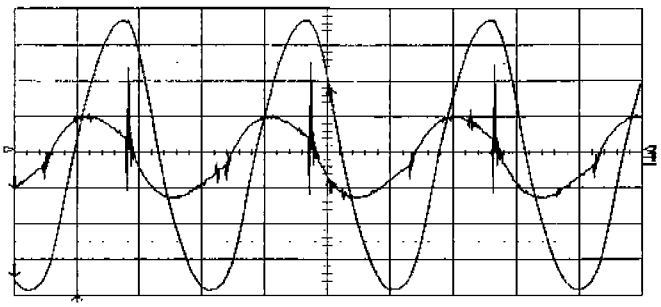

그림 7. 형광등양단의 전압과 전류파형

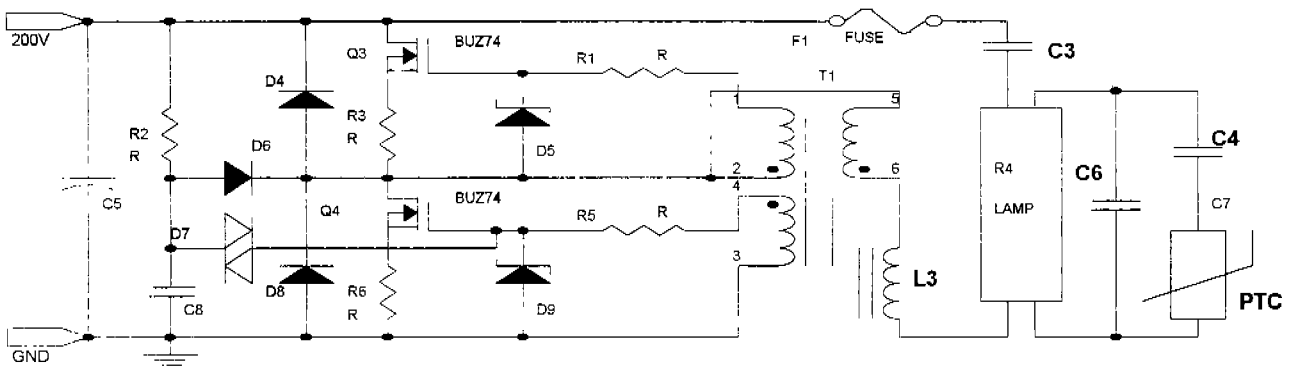

그림 5. 전자식안정기 회로

$$\omega_1 = 1/\sqrt{L_3 C_4} \qquad 3\text{-}2$$

약 1-2 초간 지난 다음 PTC의 온도가 올라가면 저항치가 아주 커지기에 L_3과 C_6이 공진한다.

공진전류치는 식 3-3에 의하여 결정된다.

$$I_1 = V/(R + 1/j\omega C_3) \qquad 3\text{-}3$$

식에서 $\omega_1 = 1/\sqrt{L_3 C_6}$ 이다. 공진이 발생하면 C_6양단에 전원전압의 몇 배가되는 고주파의 고전압이 발생하므로 형광등은 순식간에 점등된다. 점등된 다음 C_6은 형광등양단의 등가저항 X와 병렬하게되므로 공진점이 이동하게 된다.

이 방식으로 구성된 전자안정기는 회로가 간단하고 효율이 높고 안정하다.

4. 시스템 구성 2의 동작원리

전자파 장애를 최소한 줄이기 위하여 출력파형을 사인파로 만들어야 한다. 이 방법의 요점은 어떻게 높은 효율로 사인파를 만드는가 하는 것이다.

그림8 에 회로를 나타내었다. 사인파와 톱니파를 비교하여 PWM 신호로 변조시킨후 스위칭방식으로 트랜지스터를 구동한다. 이 출력된 PWM신호는 L_6, C_{16}으로 구성된 고조파 필터를 거쳐 사인파를 얻는다.

가청주파수를 피하기 위하여 사인파의 주파수가 높으면 높을수록 좋으나 사인파의 주파수가 높으면 반송파의 주파수도 높아야 한다. 반송파의 주파수가 높으면 스위칭손실이 증가하게되므로 본 실험에서는 사인파의 주파수를 18KHz로 하였고 반송파의 주파수는 68KHz정도로 하였다. 그림8 에서 볼 수 있는 바와 같이 각 램프구동회로는 간단히 몇 개의 L, C 소자로 구성되었다.

5. 실험결과

시스템구성1의 방법은 시스템구성2의 방법보다 코스트가 높으나 직류로 전력을 전송하기에 각 형광등을 멀리 배치할 수 있다. 시스템구성2의 방법은 코스트가 낮으나 고주파로 전력을 전송하기에 형광등의 배치거리가 멀어서는 안된다. 또한 직류 전압을 조정하는 방법으로 시스템전체의 조도를 조정할 수 있다.

〔 참고 문헌 〕

[1]. Electronic World , Vol.9 , pp.34-36, 1997, CHINA.

[2]. Electronic Paper ,Vol.5, No.20 , pp.158, 1994, CHINA.

[3]. 조명전기설비학회지, Vol.10. No.2 , pp.15-22 , 1996.

[4]. *Kaouhei. Y. Kenichi. I. and Nanjou* ,A.,"Electronic Ballast for Flourescent Lamp Operated by Constant Current Type Push - Pull"Inst. Jpn., Vol.68, No.pp.501-508,1984.

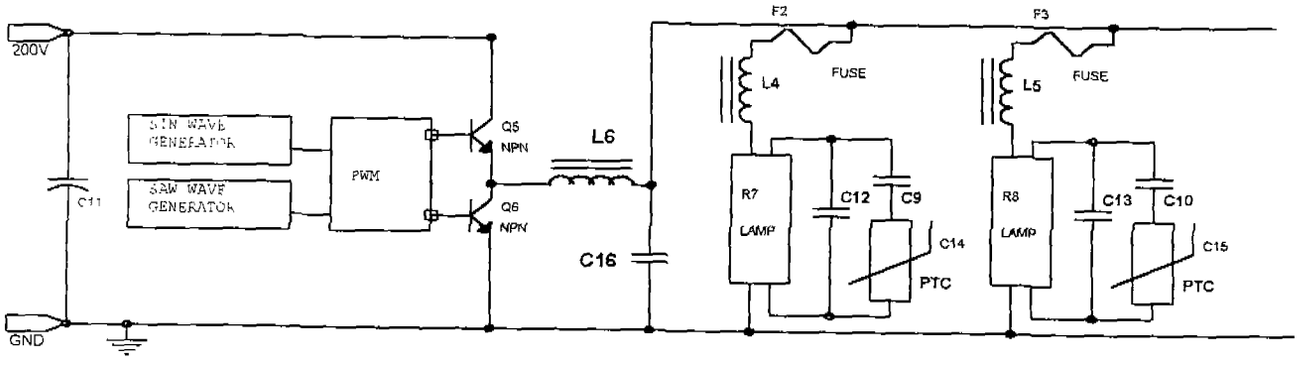

그림 8. 시스템구성 2 의 회로