

압전 변압기를 이용한 형광등용 전자식 안정기에 관한 연구

황락훈\*, 조문택\*\*, 송호빈\*\*, 장은성\*, 남우영\*, 이충식\*\*, 주해중\*\*, 서영수\*\*\*  
 세명대학교\*, 대원과학대학\*\*, 명지대학교\*\*\*

To Study on Fluorescent Lamp Ballast Using Piezoelectric Transformer

L.H Hwang\*, M.T Cho\*\*, H.B Song\*\*, E.S Jang\*, W.Y Nam\*, C.S Lee\*\*, H.J Joo\*\*, Y.S Seo\*\*\*  
 Se-myung Univ.\*, Dae-won Science Collage\*\*, Myong-ji Univ.\*\*\*

**Abstract** - Fluorescent lamp ballast using piezoelectric transformer were fabricated and its characteristic was investigated. Traditional electronic ballast is composed of basic blocks, which are composed of rectifier, power factor corrector and resonant inverter fluorescent lamp. The proposed electronic ballast has several advantages accordingly, traditional ballast was replaced fabricated electronic ballast using piezo electronic transformer and VCO oscillated, because of its lighter weight, high efficiency and saving energy.

1. 서 론

형광램프는 전기적인 에너지를 광에너지로 변환하며, 안정하게 점등하고 방전을 유지하기 위해서는 안정기가 필요하다. 현재 사용하고 있는 일반적인 안정기는 자기식 또는 역률 개선을 할 수 없는 전자식 안정기가 주를 이루고 있다. 그러나 앞으로 제기될 전력 품질을 위해서는 개선을 필요로 하게 된다. 이에 따라 역률 개선과 함께 고조파를 억제하고 램프의 수명을 연장할 수 있는 전자식 안정기의 필요성이 대두되고 있다.<sup>[1][2][3]</sup>

따라서 본 연구에서는 이러한 전자식 안정기의 요구조건을 만족시킬 수 있는 방법으로 압전 변압기를 사용하였다.<sup>[1][2]</sup>

본 논문에서는 압전 변압기를 사용하여 전자식 안정기의 회로를 개발하고, 형광램프의 정확한 구동 및 제어를 위해 마이크로 컨트롤러를 사용함으로써 전압제어 발전(VCO)을 통한 미세 주파수 조절을 가능하게 하였으며, 램프의 고기능화에 부합할 수 있도록 설계하였다.

2. 본 론

2.1 전자식 안정기의 구조

전자식 안정기는 정류부와 필터, 공진형 인버터로 구성된다. 먼저 전자식 안정기는 교류를 직류로 변환하는 회로가 필요하므로 필터 커패시터가 있는 전파 정류 회로를 구성함으로써 저가 화와 단순한 구조를 이룰 수 있다.

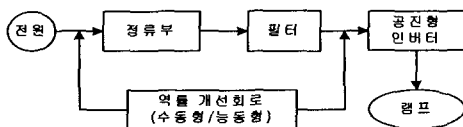


그림 1. 전자식 안정기 블록도

공진형 인버터는 전자식 안정기의 부하 의존 특성 때문에 전력부로 사용되어진다. 또한 선전압과 선전류를 같은 파형과 위상으로 만들고, 전원선에서의 선전류의

왜곡과 손실을 줄이기 위해 정류부와 공진형 인버터부 사이에 역률 개선회로(PFC)를 부여한다. 역률개선 방법은 수동형과 능동형이 있는데, 본 논문에서는 승압형 인버터를 기본으로 한 능동형 역률 개선 회로를 사용함으로써 보다 효과적인 역률 개선을 이룬다.<sup>[2]</sup>

2.2 역률 개선 방법(PFC)

2.2.1 수동형 역률 개선회로

수동형 역률 개선회로는 밸리-필(valley fill) 방식이나 차지-펌프(charge-pump)방식 그리고 두 가지 방식을 혼합해서 만든 개선된 밸리-필(IVF) 방식 등이 있으며, 이 방식은 역률개선 특성의 향상을 통해 0.97 이상의 역률을 얻을 수 있다.

2.2.2 능동형 역률 개선회로

능동형 역률 개선회로는 스위칭 소자 및 제어회로의 추가로 인하여, 회로가 복잡해지고 고가화 되는 단점을 지니고 있지만, 일정한 역률을 유지할 수 있는 장점을 가진다.

능동형 역률 개선회로는 승압형 전력 변환회로로 이루어지는 것이 일반적으로 사용하게 되는데, 이는 높은 역률과 동시에 높은 효율을 얻을 수 있다는 장점 때문이다. 따라서 이러한 목적으로 다양한 집적회로들이 개발 생산되고 있다.

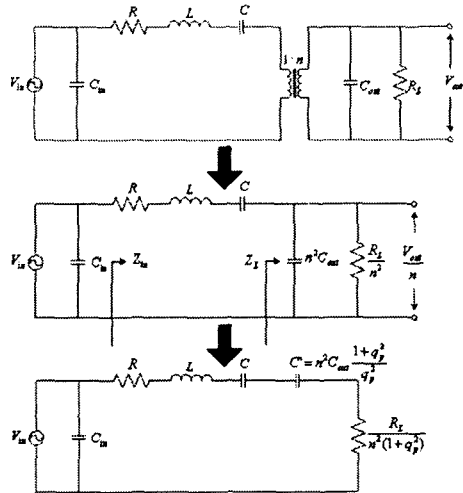


그림 2. 압전 변압기의 등가회로

2.3 형광등 구동용 압전 변압기

2.3.1 압전 변압기의 등가회로

그림 2는 압전 변압기의 등가회로이다. 그림에서 화살표는 압전 변압기의 2차측을 1차측으로 변환하는 과정을 나타낸 것이다. 등가회로에서 입력 임피던스  $Z_{in}$ 과

전압이득  $V_{gain}$ 은 다음과 같이 된다.

$$Z_{in} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega L} + Z_L \quad (1)$$

$$V_{gain} = \left| \frac{Z_L}{Z_{in}} \right| \quad (2)$$

$$= \left| \frac{R_L}{n^2(1+q_p^2)} + \frac{q_p^2}{j\omega n^2 C_{out}(1+q_p^2)} \right|$$

또한, 효율  $\eta$ 는 다음 식으로 된다.

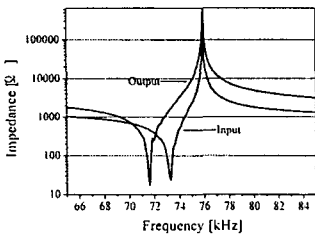
$$\eta = \frac{Re[Z_L]}{Re[Z_{in}]} = \frac{R_L}{(1+q_p^2)n^2R + R_L} \quad (3)$$

$q_p = 1$ 일 때, 공진 주파수에서 최적 효율  $\eta_{(optimum)}$ 은 식 (4)와 같다.

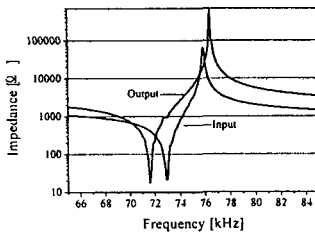
$$\eta_{(optimum)} = \frac{R_L(opt)}{2n^2R + R_L(opt)} \quad (4)$$

### 2.3.2 압전 변압기의 전기적 특성

본 논문에서 사용된 압전 변압기중에서 2개의 샘플시료의 임피던스 특성을 임피던스 분석기인 HP4194A를 통해 측정하여 공진 및 반공진 주파수를 확인할 수 있다.



(a) P1



(b) P2

그림 3. 압전 변압기의 임피던스 특성곡선

## 2.4 실험 결과 및 고찰

### 2.4.1 압전 변압기를 이용한 VCO 발전형 전자식 안정기

압전 변압기를 이용한 전자식 안정기의 기본 구동 시스템은 그림 4와 같은 제어에 의해 이루어진다.

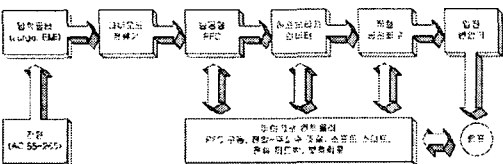


그림 4. 압전 변압기의 동작회로

압전 변압기는 구동부의 입력측에 일정 주파수를 지닌 전압을 인가하면 같은 주파수의 전압이 압전 변압기의

2차측 발전부에서 압전 변압기의 크기에 관계되는 변압 비만큼의 크기로 변환되어진 전압 및 전류가 출력 측으로 발생하게 된다. 이를 이용하여 형광램프의 방전과 안정상태 전류 유지를 이루게 된다.

전자 안정기에서의 구동 주파수를 압전 변압기의 특성에 따라 다소의 편차가 발생하지만, 대개 70~80[kHz] 범위로 램프 방전 및 전류 유지에 필요한 압전 변압기 출력을 유지되도록 하고 있으며, 회로측과 형광램프측은 압전 변압기 특성상 입력과 출력측이 절연되어 있다.

### 2.4.2 회로의 동작특성

그림 5는 승압형 컨버터로 인덕터 전류와 MOSFET의 온-오프 주기 결과는 그림 6과 같다.

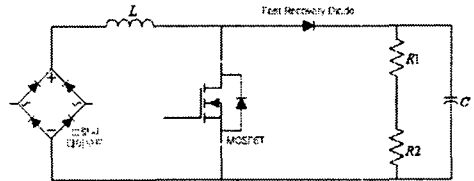


그림 5. 승압형 컨버터

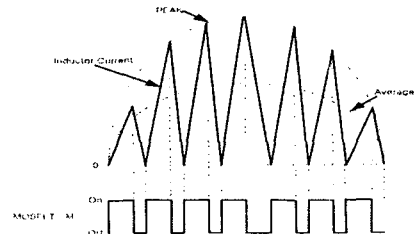


그림 6. 인덕터 전류와 MOSFET 스위칭 주기

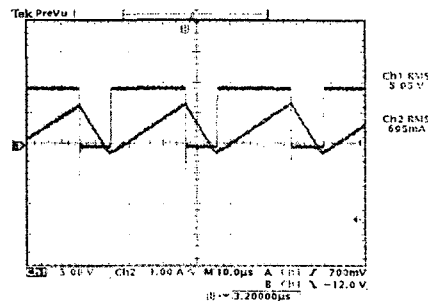


그림 7. 인덕터 전류와 MOSFET의 스위칭 파형

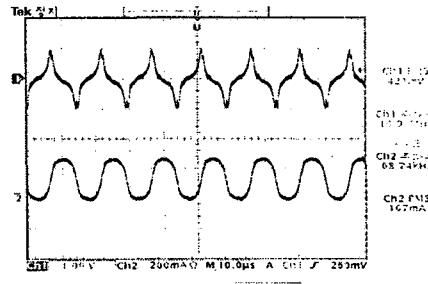


그림 8. CT에 검출된 형광램프 전류 파형

그림 7은 실험 파형으로 MOSFET의 게이트의 입력 전압 파형과 인덕터 자체 내에서의 전류 스위칭 파형을

측정한 것이다. 그림 8은 CT에 의해 검출된 형광램프 전류 파형이며, 그림 9는 절대치 회로의 출력 전압 파형으로, 이 삼각파를 평활 커패시터를 이용하여 직류로 변환한 후 이를 다시 반전 증폭하게 되면 전류 검출에 필요한 지령 전압으로 변형된다.

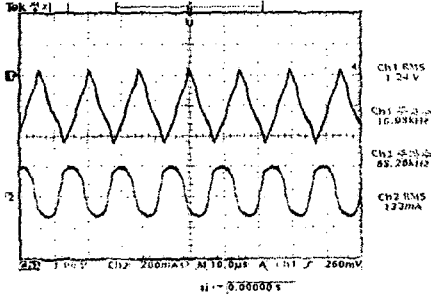


그림 9. 절대치 회로의 출력 전압

그림 10은 하프 브리지 인버터의 출력 파형이며, 그림 11은 직렬 공진 회로의 출력 파형이다.

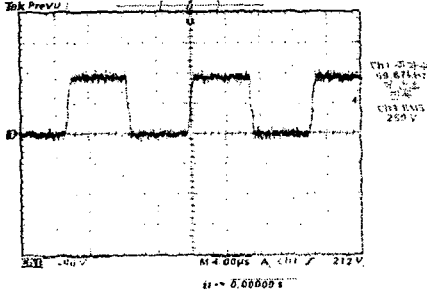


그림 10. 하프 브리지 인버터 출력 파형

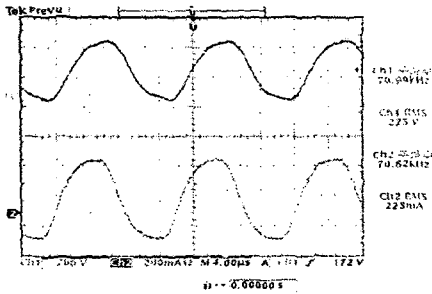


그림 11. 직렬 공진 회로 출력

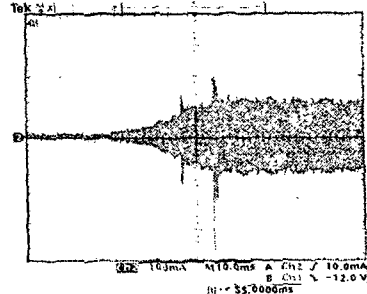
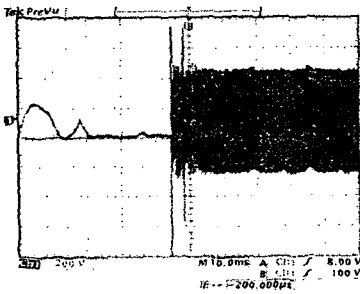


그림 12. 램프 방전시 전압-전류 파형

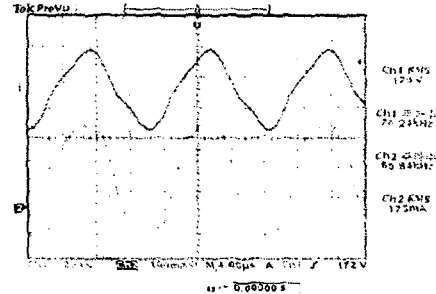


그림 13. 정상상태에서의 압전 변압기 출력

그림 12는 형광램프 방전 순간의 전압과 전류 파형을 나타낸 것으로 형광램프의 방전 특성을 확인할 수 있다. 또한, 그림 13은 정상 상태시 압전 변압기의 출력 파형으로 각각 167[Vrms], 170[mA] 정도임을 고려하여 출력전력을 조정함으로써 안정된 램프 구동을 얻어냈다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 압전 변압기를 이용한 전자식 안정기에 대한 특성을 조사함으로써 다음과 같은 특성을 얻을 수 있었다.

- (1) 70[kHz]대의 주파수에서 동작하며 99.5[%] 이상의 높은 역율 특성을 나타낸다.
- (2) 12[%] 이하의 낮은 총조파 왜곡률을 가지며 CF도 1.5 이하로 안정적 구동을 한다.

본 논문에서 제작된 압전형 안정기는 기존의 안정기를 대체할 수 있으며, 소형 경량화 되고 높은 효율로 경제적인 측면에서 많은 이득이 기대된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] G. Chae, "New Single-Stage Cost-Effective high factor electronic ballasts with series/parallel resonant inverters", 한국과학 기술원 박사논문, 1999, November.
- [2] 류태하, 조류형, "전자식 안정기 시스템과 제어 IC 관련 기술동향", 전력전자 학회지, 제4권 제 3호, 1999, June, pp.12-16.
- [3] T.Yamane, S.Hamamura, T.Zaitzu, T.Ninomiya and Y.Fuda, "Efficiency improvement of piezoelectronic transformer DC-DC converter", IEEE DESC '98, 1998, May.
- [4] G.Chae, Y.S.Youn and G.H.Cho, "High power factor correction circuit for low cost electronic ballast", IEE Electronic Le서, 1997, May, Vol.33, No.11, pp.921-922