

형광등(32watt/1등)용 슬림라인형 전자식 안정기 개발

박재일, 황준원, 박종연, 김진수
강원대학교, 강원대학교, 강원대학교, 진명라이팅(株)

Developement of Slim-Line type Electronic Ballast for 32watt/1 Fluorescent Lamp.

Jae-il Park, Jun-won Hwang, Chong-yeun Park, Jin-soo Kim
Kangwon Nat.Uni., Kangwon Nat.Uni., Kangwon Nat.Uni., Jinmyeng Lighting Cop.

Abstract - We have developed the electronic ballast for 32watt/1 fluorescent lamp. In this reserch, the circuit is analyzed by the P-spice program and designed to match the ballast with the fluresecnt lamp characteristics. The power factor correction circuit has been designed with all passive elements and then achived the slim-line type ballast.

1. 서 론

형광램프는 부성저항 특성을 가지며 높은 시동전압을 필요로 하고 점등후 정격전류를 유지하기 위하여 안정기가 필요하게 된다. 전자식 안정기는 25kHz 정도의 주파수에서 형광램프 광효율은 50~60Hz 경우보다 약 20%정도 증가하는 장점을 가지고 있다. 반면에 전자식 안정기의 전자부품 내구성, 신뢰성 및 노이즈의 증가문제등이 단점으로 지적되고 있어 앞으로 해결하여야 할 과제로 대두되고 있는 실정이다.

최근 실마니아 회사의 32watt 직관형 형광등 [1][2]이 기존의 40watt 형광등보다 전기적특성 및 광효율이 우수하기 때문에 향후 32watt 직관형 형광램프의 상품적 가치가 더 크다고 판단되어서 이에 대응하는 범용 전자식 안정기를 개발하였다. 또한 형광등기구 제작에서 철판의 원가 절감을 위해서 최대한 슬림화 하였다. 특히 전자식 안정기의 상품적 가치를 고려하여 원가의 절감, 신뢰성을 위한 보호회로, 수동소자에 의한 역률개선회로, EMI 제거용 필터 및 형광등 주변회로의 요소값을 최적화 하였다. 전기적특성은 K.S규격[3]에 상응하는 특성을 얻기위한 기준으로 설계하여 제작한 결과 이론치와 근접한 실험결과를 얻었다. 향후 본 개발품을 32watt/2등용 전자식 안정기로 발전시켜 슬림화 하는 것이 중요한 과제이다.

2. 본 론

2.1 형광램프의 주요규격

본 연구에서 사용한 형광램프의 주요규격은 다음과 같다.

(1) 캐소드(Cathode) 특성

- 1) 3.6 Volt에서 저항 : MIM 8Ω
MAX 11Ω

(2) 램프 동작특성

- 1) 정격전력 : 30.8 watt
- 2) 음극전력 : 1.7 watt
- 3) 전체전력 : 32.5watt
- 4) 양단전압 : 135~137 Volt
- 5) 정격전류 : 265 mA

(3) 예열 전류 (15.6°C)

- 1) MIM : 327.3 mA
- 2) MAX : 450.0 mA

2.2 형광램프의 예열시 등가회로

이러한 규격을 만족하는 형광램프의 등가회로는 정상동작에서 Fig.1 과 같이 표현된다.

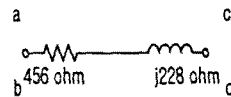


Fig.1. Equivalent circuit of F032/T8 lamp for lighting period

2.3 입력단 회로의 해석 및 설계

입력단은 220V/60Hz의 A.C.입력전압을 인가하여 EMI제거용 필터를 설계하였으며, 철심 Core와 Ferrite Core를 동시에 이용하였다. 설계결과, 전원측에서 안정기측을 본 임피던스는 10Ω정도이고 안정기측에서 전원측을 본 경우 EMI제거용 필터는 100kΩ 정도의 임피던스를 나타내도록 설계하였다.

그리고 보통 사용되는 다이오드 4개를 이용한 전파 정류회로 및 저역필터를 이용하였다. 역율개선회로는 모두 수동소자만을 이용하여 Fig.2와 같이 D₁, D₂, C₁, C₂ 및 L을 이용하여 설계하였으며 D₃는 보호용 소자이며, 역율개선 회로이후의 회로를 등가 저항 R_i로 표시하였다.

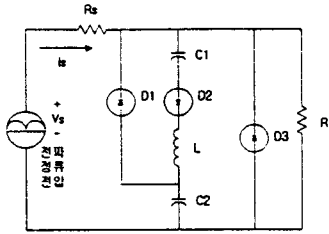


Fig.2. Equivalent circuit for Power factor correction circuit

역율개선 회로 Fig.2에서 D₁이 off되고 D₂가 on되는 경우에 입력임피던스

$$Z(s) = \frac{V(s)}{I_s(s)} = \frac{1}{R_i^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})} \cdot [R_s + R_i(\omega L - \frac{1}{\omega C})^2 + j R_i^2(\omega L - \frac{1}{\omega C})] \quad (\text{단, } C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}) \quad (1)$$

에서 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ 로 하면 역율을 "1"로 할 수 있다. 그러나 C_s의 충전전압이 입력전압보다 더 큰 상태에서는 D₁이 on되고 D₂가 off되므로 임피던스

$$Z(s) = R_s + \frac{1}{1 + (\omega C R_i)^2} (1 - j\omega C R_i) \quad (2)$$

이므로 $\omega C R_i$ 를 작게하면 할수록 역율의 개선효과가 뚜렷하다. 실제 P-spice에 의한 전압 및 전류의 해석결과는 Fig.3과 같은 결과로 수동소자에서의 역율개선은 약 0.9정도가 최적값이다.

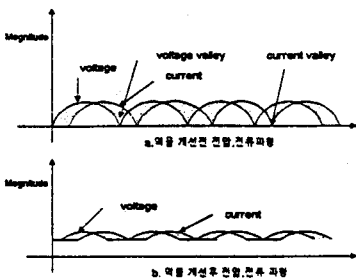


Fig.3. Input voltage and current waveform with and without power factor correction circuit.

2.4 구형파 발생회로

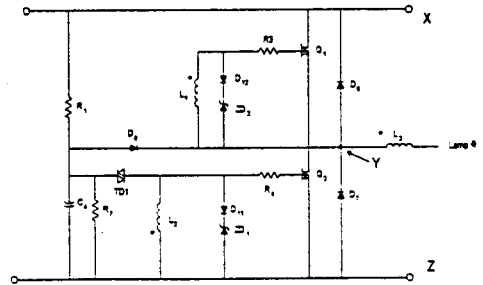


Fig.4. Inverter circuit

초기발전은 Fig.4에서 다이오드의 도통순간에 C₁에 걸리는 충전전압에 의해서 발생하고, 초기발전이 다이오드에 의해서 완료되면 Q₂의 게이트에 적정전류가 유입되어 Q₂가 turn-on 되어서 Fig.4의 Y점의 전위는 Z점의 전위 (0전위)로 바뀌게 되며, Q₂가 turn-on 되는 순간부터 L₂측으로 전류가 흐르게 된다. Fig.5에서 L₂측에 전류가 "·" 방향으로 흘러나오는 동안 L₁의 전류가 증가하게 되고 어느 정도 증가하면, Q₁의 Gate 전류가 증가하여 Q₁이 turn-on 된다. Q₁이 turn-on 되면 Fig.4의 Y점의 전위는 X점의 전위로 반전하게 된다. 이 때 Y점의 전위가 높아지면, L₁과 L₂의 전류는 감소하고 L₂의 전류는 증가하여 적정 시간후에 Q₁이 turn-off 되고 Q₂는 turn-on 된다.

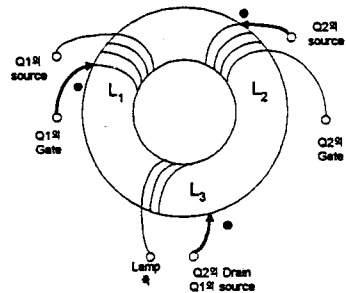


Fig.5. Inverter circuit with L₁, L₂, and L₃

2.5 정현파 발생회로

형광램프에 인가되는 전압 및 전류 파형은 가급적 정현파에 가깝게 설계하여 고조파 함유량을 줄임으로써, EMI 발생 소지를 제거하고 Lamp 효율을 높일 수 있으므로 가급적 구형파의 고조파 성분을 제거하여 정현파에 가깝도록 만들어야 한다.

본 연구에서 개발한 필터회로의 특징은 기존회로가 Fig.6의 b,c,d에서 캐패시터를 활용 하였으나, 입력부 a에 C의 값을 연결하여 고조파 제거를 효과적으로 억제할 수 있었다.

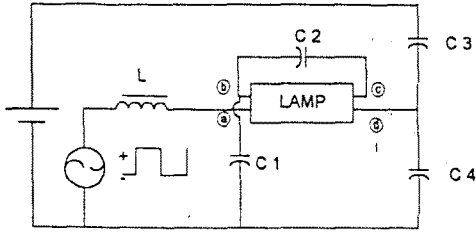


Fig.6. Fluorescent output circuit.

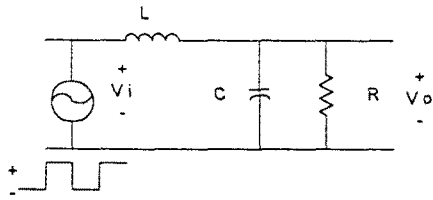


Fig.7. Output equivalent circuit.

따라서 형광램프 양단전압을 출력으로 표시할 때 전달함수는 Fig.7로부터

$$H(s) = \frac{R}{(s^2 LCR + sL + R)} \dots \dots \dots (3)$$

이 되며 LPF의 역할을 하게되어 구형파의 고조파 성분제거에 매우 효과적이다.

2.6 스텝라인형으로 변환

스텝라인형으로 변환하기 위한 방법 중 가장 중요한 것은 Core 및 Bobbin의 크기가 문제가 된다. C는 내압과 용량의 관계를 검토하여 결정하여야 하며, 일반적인 필터 코어의 중량과 소비전력의 관계는 Fig.8과 같다.

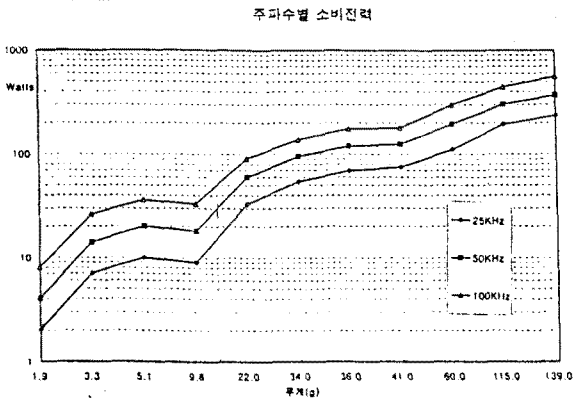
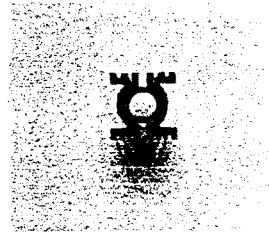
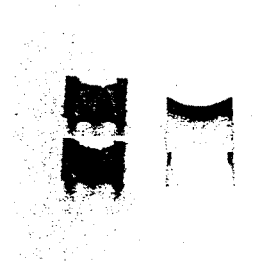


Fig.8. Relation between the core weight and the effective power.

따라서 본 연구에 사용한 Core는 최소 14.5g 이상의 것으로 사용하여야 되며, 실제 사용한 Core와 Bobbin에 관한 실물은 Fig.9와 같다.



(a)



(b)

Fig.9. Core and bobbin used in the reserch
(a) bobbin (b) core and case

2.7 특성검토

(1) 입력특성

Power Analyzer PM3300에 의한 입력의 주요 특성결과는 Table.1과 같다.

Table 1. Important measurement value of input characteristics.

항 목	측 정 값
소 비 전 력	33.9 watt
전 압	220V
전 류	178.6 mA
역 율	0.86
전압 cf.	1.418
전류 cf.	3.569
전압 고조파 함유율	0.019%
전류 고조파 함유율	12.84%

검토되어야 할 사항은 역율로서 0.86%까지 가능하였고 입력 피상전력은 39.4VA 이었으며 유효전력은 33.9watt로 양호하였다.

(2)출력특성

Power Analyzer PM3300에 의한 출력의 주요 특성결과는 Table.2와 같다.

Table 2. Important measurement values of output characteristics

항 목	측 정 값
전 압	138.4V
전 류	355.3mA
효 율	96.9%
전압 cf.	2.004
전류 cf.	2.056
전압 고조파 함유율	3.092%
전류 고조파 함유율	3.890%

검토되어야 할 사항으로 출력의 피상전력은 49.2 VA, 유효전력은 32.9watt, 전압의 THD 3.092%, 전류의 THD 3.890%, 전압의 cf는 2.004, 전류의 cf는 2.056으로 비교적 양호하였다.

3. 결 론

32watt 직관형 형광등 1등용 스텝형 전자식 안정기를 개발하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) EMI 제거용 필터는 기관의 상태와 밀접한 관련을 갖고 있으며, Core는 Ferrite형과 철심형을 이용한 인덕터로 제조 가능하였고, 최대 방해전압을 50 μ V 이내로 줄일 수 있었다.

(2) 수동소자를 이용한. 역률개선 회로를 설계하여 90% 정도는 얻을 수 있었으나, 그 이상 요청될 경우 역률개선용 IC의 도입이 바람직 하다.

(3) Diac 및 FET를 이용한 자려식 발진기로 약 30 kHz의 고주파 발진을 이용 하였으며, 발진소자 FET의 보호회로를 부착 하였다.

(4) 개발목표를 K.S규격에 두었고, 제품의 가격 (10,000개 생산시 ₩7,000)은 경쟁력이 있다고 생각되며 역률 0.86%, 효율 96.9%, 전압 THD 0.019%, 전류 THD 12.84%, 전압cf 1.418, 전류cf 3.569등 비교적 양호한 특성이 나타났다. 특히, 스텝라인형으로 형광램프 등기구 제조비용을 기존 40watt형 형광등 등기구 제조비용 보다 10%이상 절약이 가능한 것으로 판단 된다.

[참 고 문 헌]

[1] SYLVANIA社, "Octron Florescent Lamp", Lamp규격집, Engineering Bulletin, PP.360-362,

1995.6

[2] Samsung Electronics, "Samsung Industrial IC Data Book", 1995.10

[3] 한국표준협회, "형광램프용 전자식 안정기", KS 규격집, KSC 8100, PP.1-44, 1996.10

[4] 삼성전자, "전자식 안정기 회로설계", 연구보고서, 반도체부문, PP.1-16, 1991.10

[5] 산업기술정보원, "최근 방전등 안정기의 기술현황", 1985

[6] "Recommended Ballast Characteristics with GE Lamps for Use with Electronic Ballasts", #EL-1991A, PP.1-5

[7] 한국 조명.전기설비학회, "형광등용 자기식 안정기의 특성평가 연구", 1993.2

[8] 통상산업부, "전자식 안정기 내구신뢰성 활용방안 연구", 에너지절약 기술개발사업, PP.1-115, 1996.2

[9] 강영구, "절전형 형광등 전자식 안정기" 연구보고서, Argonne National Laboratory, PP.1-93, 1990

[10] Bob Christiansen, "EMI and Electronic Ballasts", Samsung Semiconductor, San Jose, California USA, section C-E, 1990

[11] 국립공업기술원 전기전자부, 'EMI 노이즈 필터 (전자식 안정기용) 회로개발', 수탁연구 개발과제 연구보고서, PP.1-27, 1994.5

[12] 인천지방 공업기술원, "전자식 안정기의 품질향상을 위한 EMI 측정기술과 대처방안", 공업기술원 기술세미나자료, 기술세미나 94-4, PP.1-31, 1994.10

[13] Chr.Meyer and H.Nienhuis, "Dischrge Lamp", Philips Technical Library, PP.136-164, 1988.3

[14] 한국표준협회, "형광램프(일반조명용)", KS규격집, KSC 7601-1996, 1993.1