

자려식 전자안정기의 동작 주파수 결정과 설계

박 종 연, 전 경 준, 한 제 현

강원대학교 전기공학과

전화 : 033-250-6292 / 핸드폰 : 011-9878-8882

Determination of Operating frequency its Design of the Self-exited electronic Ballast

Chong Yeun Park, Kyoung Jun Jeoun, Jae Hyun Han
Dept. of Electrical & Electronic Eng, Gangwon University
E-mail : kjeon@kwnu.kangwon.ac.kr

Abstract

In this paper, we have studied about the determination methode of the operating frequency, and the design technique for the self-exited electronic ballast. Because we use the saturation characteristics of the ferrite core, the variation of the B/H curve characteristics for the selected core in the most important factor for the stabilization. Although it is impossible to fix the operation frequency, the self-exited electronic ballast is widely used because of its cost and the simplicity of its structure.

사용한 Ring형 코어를 사용한 자려식 안정기와 스위칭 소자 2개를 사용한 Half Bridge 방식에 있어서 인버터 소자 값을 결정하는 방법을 이론적인 방법으로 규명하고 실험을 통해서 그 타당성을 입증하고자 한다.[1][2]

I. 서론

일반적으로 전자식 안정기는 자기식 안정기에 비하여 소형, 경량이며, 조광제어를 할 수 있다는 측면에서 적용분야가 확대 되어가고 있는 실정이다. 이러한 장점을 가진 전자식 안정기는 크게 몇가지 형태로 구분할 수 있는데, 우선 구동 방식에 따른 구분과 인버터 구조, 그리고 역을 개선 방식에 따라서 구분 할 수 있다. [1]

본 논문에서는 역을 개선 방식에 따른 구분은 고려하지 않고, 구동 방식과 인버터 구조에 따른 구분 한 범위 내에서 전자식 안정기의 동작 주파수 선정과 이를 이용한 안정기 설계를 목표로 한다.

구동 방식에 따른 구분은 안정기 동작에 있어서 구동 전용 IC를 사용한 방식과 페라이트 코어를 이용한 Ring 코어를 사용한 방식으로 구분된다. 또한 인버터 구조 방식은 일반적으로 공급 전류양에 따라 Push Pull 방식, Flyback 방식, Half Bridge 방식 그리고 Full Bridge 방식으로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 페라이트 코어를

II. 전자식 안정기의 구분

2.1 구동 방식에 따른 구분

구동방식에 따른 구분으로는 전용 드라이버 IC를 사용한 타려식 구동 방식과 페라이트 코어를 사용한 자려식 방식으로 구분할 수 있다. 그림1은 타려식 안정기의 일반적인 인버터 구조이다.

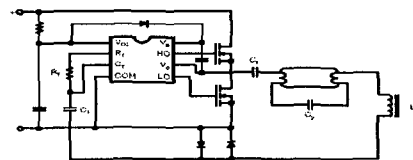


그림1 타려식 안정기의 인버터 구조

그림1에서와 같이 타려식 안정기는 전용 드라이버 IC를 사용함으로써 스위칭 소자를 구동시키는 방법이다. 또한 구동 주파수는 드라이버 IC 주변 소자값을 바꿈으로 인해서 가능하고, 특수한 드라이버 IC인 경우에는 다양한 동작주파수를 설정할 수도 있다. 의 인버터 구조 그림2는 페라이트 코어를 이용하여 스위칭 소자를 동작시키는 자려식 안정기의 인버터 구조이다.

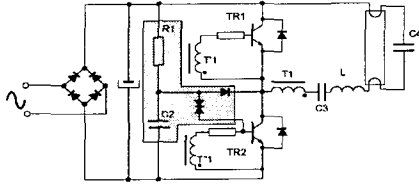


그림2 자려식 안정기의 인버터 구조

그림2에서 보는 것과 같이 자려식 안정기의 구동방식은 R_1 과 C_2 가 이루는 시정수 값에 비례하여 Diac의 도통되며, 이를 신호로 스위칭 소자가 동작하게 되는 원인을 제공하는 방식이다.

2.2 페라이트 코어를 이용한 발전

자려식 안정기 인버터에 사용되고 있는 코어는 에너지 전달 매체로 사용되는 일반적인 코어와 차이점을 가지고 있다. 에너지 전달 매체로 가장 많이 사용되는 형태인 transformer는 선형적 에너지 전달을 위해서 포화되지 않는 영역에서 사용한다. 하지만 코어의 용도가 스위칭 소자의 on/off 신호 전달 매체로 사용된다면, 포화시켜서 사용하는 것이 유리하다.

그림3은 자려식 안정기에 사용되는 Ring 형 페라이트 코어이다. 보통의 경우 페라이트 1차측은 램프로 흐르는 전류량을 감지하기 위해서 사용되며, 2차측은 1차측 신호를 받아서 스위칭 소자를 제어하기 위해서 사용된다.

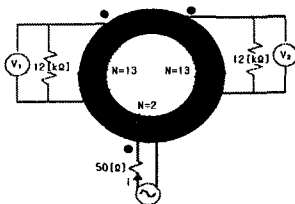


그림3 페라이트 코어 사용 예

그림4는 스위칭 소자의 게이팅 신호 전달 매체로써 페라이트 코어를 사용하게 될 때 코어를 포화시킬 때와 포화시키지 않을 때 나타나는 2차 전달 신호 차이를 나타냈다.

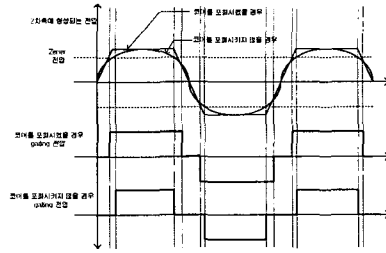


그림3 포화유무에 따른 2차 신호 비교

그림3에서 보면 코어를 포화시켰을 때가 포화시키지 않을 때 보다 2차 전달 신호의 형태가 1차측 신호형태와 보다 더 유사하다는 것을 볼 수 있다.

2.3 페라이트 Core의 1차 권선 수 결정

자려식 안정기의 인버터에 사용되는 코어는 스위칭 소자를 구동시키기 위한 특수한 경우로써 코어 자속 밀도를 포화시켜서 사용하는 것이 유리하다는 것을 알아보았다. 그림5는 전자식 안정기 구조에서 페라이트 코어를 사용하여, 스위칭 소자의 게이팅 신호로 사용했을 때 적절한 권선수를 결정하기 위한 그림이다.

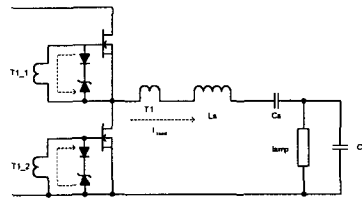


그림4. 1차권선과 부하단의 회로

그림4에서 페라이트 코어를 이용한 Ring 코어는 T1, T1,1(T1,2)가 1차, 2차에 걸쳐서 감겨져 있는 형상이다. 페라이트 1차 권선(T1)에 흐르는 전류는 부하전류와 동일하다. 또한 부하전류는 램프전류와 램프와 병렬로 연결된 C_p 전류의 합으로 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_{T1} = I_{load} = I_{lamp} + I_C, \tag{1}$$

또한 페라이트 코어 1차측에 흐르는 전류로 인해서 페라이트 코어를 포화시켜야하므로 코어의 특성과 부하전류를 이용하면 식(2)와 같이 정리할 수 있다.

$$I_{load} = \frac{B_s}{\mu} \times \frac{L_e}{N} = \frac{H_s \times L_e}{N} \tag{2}$$

여기서 B_S = 포화시 자속 밀도(Tesla)

$$\mu = \mu_o \times \mu_s$$

N = 권선수

L_e = core의 자로의 길이 (cm)

H_S = 포화시 자장의 세기 (A/cm) 이다.

식 (1),(2)를 이용하여 1차 권선수를 구하면 식(3)과 같다.

$$N = \frac{H_s \times L_e}{I_{load}} \quad (3)$$

2.4 페라이트 Core의 2차 권선 수 결정

그림4에서 2차 측으로 유기되는 전압의 크기가 스위치의 Gate와 Source 양단 유기되는 전압이며, 이 전압은 제너다이오드를 사용하여 일정한 값을 유지하게 된다.

이때 V_{GS} 전압은 스위칭 소자가 턴 온 될 수 있도록 충분히 커야한다. 그러므로 일반적인 트랜스포머의 전압 전달 비를 이용하면 2차측 턴수를 식(4)와 같이 나타 낼 수 있다.

$$N_p \times V_s = N_s \times V_p \quad (4)$$

해석의 편의를 위해서 1차 권선수 N_p 에 걸리는 전압 V_p 값을 1V로 가정하면 식(5)와 같이 간략하게 2차 권선수를 구할 수 있다.

$$N_s = \frac{N_p \times V_s}{V_p} = V_s \quad (5)$$

2.5 동작 주파수의 설정

동작 주파수는 1차 권선에 흐르는 전류와 이로 인한 유기 기전력(E)의 관계를 이용하여 식(6)과 같이 구한다.

$$E = 4.44 \times f \times N \times \Phi \quad (6)$$

이때, $\Phi = B \times S$ 이므로 식(6)은 식(7)과 같이 변환된다.

$$E = 4.44 \times f \times N \times B \times S \quad (7)$$

그러므로 식(7)을 이용하여 주파수의 관계로 재 정리하면 식(8)과 같이 정리할 수 있고, 동작 주파수를 결정하는 요소는, 유기 기전력과 턴 수, 자속밀도와 코어 단면

적이라는 것을 알 수 있다. 이때 N 은 코어 1차측 턴수이며, 유기기전력은 1차 권선 양단의 전압이라 할 수 있으므로 V_p 로 변경할 수 있다. 최종적으로 동작주파수는 식(8)과 같이 정리된다.

$$f = \frac{V_p \times 10^4}{4.44 \times N_p \times B_s \times S} \quad (8)$$

2.6 부하단 설계

전자식 안정기 동작은 그림5와 같이 크게 램프 동작 전 특성과 램프 점등 후 특성으로 구분할 수 있다. 램프가 점등되기 전에는 램프 임피던스가 매우 큰 값을 가지므로 부하전류는 $T1 \rightarrow L_s \rightarrow C_p \rightarrow C_s$ 와 같은 경로를 통해 흐르며, 램프 점등 후에는 램프 임피던스가 줄어들어 $T1 \rightarrow L_s \rightarrow \text{lamp} \rightarrow C_s$ 와 같은 경로를 통해 흐른다.

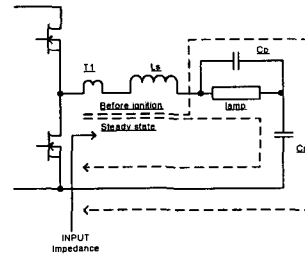


그림5. 램프 점등 전후에 따른 전류 변화

그림5에서 보면 램프 점등 전, 후 공통으로 L_s 소자에 의해서 전류가 제한되는 것을 볼 수 있다. 이러한 성질을 이용하여 램프 점등 전 흐르는 예열 전류 값을 부하 정격 전류의 2배값으로 한정하는 조건에서 L_s 가 가지는 임피던스 값을 식 (9)와 같이 단순화 할 수 있다.[1]

$$Z = \frac{V_{input} - V_{lamp}}{2 \times I_{input}} \quad (9)$$

식(9)에서 얻은 값을 가지고 램프 점등 전에 부하구조에 의해서 발생하는 공진 주파수(f_1)는 식(10)와 같이 나타낼 수 있다.

$$f_1 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_s C_p}} \quad (10)$$

그러므로 동작 주파수를 램프 점등 전 공진 주파수와 동일하거나 보다 큰 주파수로 설정한다면 램프와 병렬

연결된 C_p 의 영향으로 램프를 점등시킬 수 있다.

최종적으로 램프 점등 전 공진주파수를 이용하여 C_p 값을 결정한다.

$$C_p = \frac{1}{(2\pi f_s)^2 L_s} \quad (f_s \approx f_1) \quad (11)$$

램프 점등 후 정상 상태일때 공진주파수(f_2)는 점등 전 공진주파수(f_1)보다 1/4배인 주파수를 선택한다고 하면, 동일한 방법에 의해서 C_s 값을 설정한다.

2.7 실험

본 논문에서 사용한 페라이트 코어는 삼화전기에서 생산한 GP-9 OR13X6.5-8H 코어를 사용했으며, 코어의 특징은 표1과 같다.

표1. 페라이트 코어의 특징

구분	value	비고
자로길이(L_e)	31.5 [mm]	
유효단면적(S)	0.167[cm ²]	
자속밀도(B_s)	0.383 [T]	오차 ±30%
자계세기(H_s)	150[A/m]	오차 ±30%

식(8)에 의거하여 페라이트 코어에 의해서 생성되는 이론적인 동작 주파수를 계산하면 식(12)와 같다.

$$31\text{kHz} < f_s < 57\text{kHz} \quad (12)$$

이때 페라이트 코어가 가지는 자속밀도의 오차는 ±30% 정도를 가지고 있음으로 해서 일정한 크기의 동작 주파수의 범위가 계산되어진다. 설계과정에서 가정하였듯이 페라이트 1차 측에 걸리는 전압 V_p 값을 1V로 유지하고, 2차 유기전압을 15V가 되도록 한 후, 2차 측 동작 주파수를 측정하면, 그림6과 같고, 동작 주파수는 41kHz이다.

측정된 동작 주파수는 표1의 값을 식(8)에 대입하여 얻은 주파수 범위 결과인 주파수 32kHz에서 57kHz 사이에 존재하는 것을 볼 수 있다. 만약 페라이트 코어가 오차 없이 동일한 특성을 지닌다고 가정하면 이론적인 동작 주파수는 40kHz이다. 그림6은 본 논문 절차에 의해서 설계한 페라이트 코어 2차측 전압 파형이다. 동작 주파수는 41kHz이며, 최대전압은 15V를 유지하고 있음을 알 수 있다.

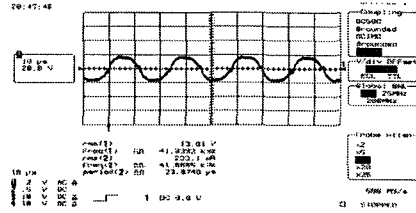


그림6. 실험을 통한 V_{gs} 신호

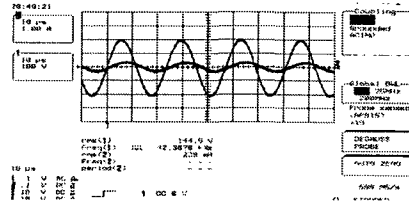


그림7 램프 양단 전압, 전류 파형

그림7은 식(9),(10),(11)을 이용하여 부하단을 설계하고, 설계한 값을 적용한 안정기의 램프 전압,전류 파형이다. 램프 전압, 전류가 가지는 동작 주파수는 42kHz로 페라이트 코어 2차측 주파수와 약간의 차이점이 나는 것을 발견할 수 있다. 이것은 스위칭 소자의 게이팅 신호로 페라이트 Ring 코어가 사용될 때 나타나는 포화특성과 스위칭 소자가 가지는 과도 시간에 의해서 주파수가 약간 늦어지는 것을 볼 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 현재 자려식 전자안정기에 대해서 페라이트 Ring형 코어와 스위칭 소자 2개를 사용한 Half Bridge 방식에 있어서 인버터 소자 값을 결정하는 이론적인 방법을 규명하고 실험을 통해서 그 타당성을 입증하였다. Ring 코어 및 EI 코아에서 공극을 주지 않고 포화 특성을 활용하기 때문에 코어의 재질에 따라 발진주파수의 오차가 심한 결과가 있으나, 가격이 싸고 제작이 용이한 장점이 있다.

본 연구는 강원대학교 BK21 사업의 지원을 받아서 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] Michael Bairanzade, "Electronic lamp ballast design", motorola application note 1543
- [2] 김관중, "트랜스포머/인덕터 설계기술 및 응용기술", 과학기술정보연구소 자료