

# 공심 인덕터를 적용한 전자식안정기에 관한연구

(A Study on Electronic Ballast using Air Core Inductor)

(이진우, 최현배, 박재권, 박기도\*)

(Chin-WooYi, Hyun-Bae Choi, Jae-Kweon Park, Ki-Do Park)

호서대학교 전기정보통신공학부, CLTech

## 요 약

본 논문에서는 36[W] FPL 형광등용 전자식 안정기의 페라이트 코어를 사용하는 인덕터 대신 공심을 사용하는 안정기를 제작하였다. 전자식 안정기는 고주파 동작을 하기 때문에 그에 따르는 자성재료는 히스테리시스손의 발생이 더욱 커지는 현상을 이해하여 Air Coil의 특성을 적용한 전자식 안정기를 설계해 보았다.

## 1. 서 론

고주파 공진형 인버터는 그 적용 분야에 따라 수십[kHz]에서 수백[MHz]의 주파수대에서 고속으로 동작하는 전력변환 장치이다. 이 장치에서는 전력용 스위칭 소자인 MOSFET, IGBT, GTO, MCT을 이용한 전력변환회로 및 제어 기술이 중요시되고 있다. 현재 조명용에 사용되고 있는 전력변환 방식은 기존의 자기식 안정기는 진상형과 지상형으로 나누어지며, 진상형에는 프리커스형, 정전력형, 리드피트형으로, 지상형에는 초크코일형과 자기누설변압기형으로 나누어진다.

또한, 전자식 안정기는 자려식과 타려식으로 나누어지며, 회로 방식에 따라 정전류푸시풀, 1석식, 하프브리지형, 풀브릿지형으로 나눌 수 있다.

램프는 구동 주파수에 따라 램프 자체의 발광효율이 상이하며, 고주파 발전에서의 램프의 발광효율이 상승하는 원인에서 현재는 기존의 자기식 안정기에서 전자식 안정기로 전환되는 추세이다.

그리고 고주파로 동작하는 인버터에서 L,C 직, 병렬 공진TANK의 구성시 삽입되는 인덕터는 실제 공진시 필요한 인덕턴스를 충족하기 위하여 공심 코일이 아닌 강자성체에 코일을 권선 하여 사용하는 것이 일반적인 방법이다

본 논문은 고주파 동작의 인버터에서 자성체가 갖는 여러 가지 문제점을 제거하기 위하여 공심 인덕터를 설계 제작하여 형광램프용 전자식 안정기에 적용하여, 그 실용성 및 문제점을 검토하여 보았다.

## 2. 본 론

### 2.1 전자식 안정기 개요

조명용에 사용되고 있는 전자식 안정기는 자려식과 타려식으로 구분 되는데 공심 인덕터를본 논문에서는 간단한 자려식 회로를 구성하여 사용한 안정기를 구현해 보았다. 제작한 안정기는 일차측 전원부는 Varistor를 삽입하여 입력전원의 과도 현상에 의한 회로 보호를 하였으며, 입력 Filter는 II형 필터구성으로 Common Mode Noise와 Normal Mode Noise의 EMI대책을 수립하였다. 역률은 간단한 Valley Fill회로로 구성 하여 정격 부하시 역률 98%,A THD 19%인 전자식 안정기를 제작하였다. Main Switching부는 Trigger Diode에 의하여 구동하는 변환 효율이 높은 Half-Bridge로 구성하였다. 회로도 는 <그림 1> 과 같다.

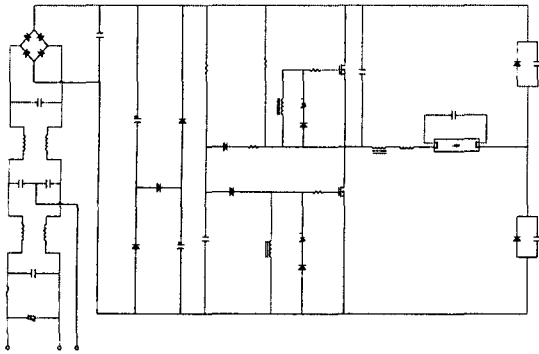


그림1. 자력식 전자 안정기의 회로도

## 2.2. 전기적 이론

본 논문의 안정기는 입력전압 220 [V], 동작주파수 25[kHz]로 설계하였으며 스위칭 소자로 MOSFET를 사용하였다.

현재 이 논문에서 제시한 전자식안정기의 고주파 동작특성, 특히 L, C 공진Tank의 동작시 필요한 인덕턴스를 만들기 위하여 사용 한 강자성체 (Ferrite Core)의 특성은 <그림 2> 와 같다

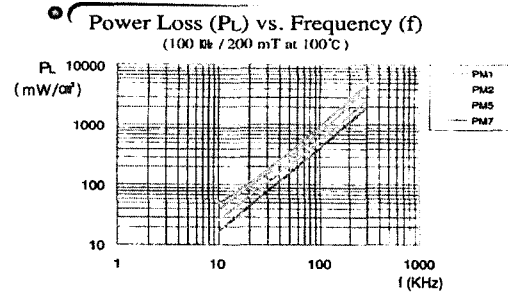


그림2. 페라이트 코어의 특성

상기의 그림에서 알 수 있듯이 Switching 주파수가 높아질수록 발생하는 Hysteresis Loss가 커지므로 Core는 자화에 필요한 전류가 더 많이 요구되며, Ferrite Core는 수백[MHz]대의 동작주파수 대에서는 포화점에 이르게 되어 자성체로서의 성질을 잃어 사용하기가 어렵다.

본 실험에서는 기존 전자식 안정기의 L, C값을 선정하기 위하여 다음과 같은 식으로 시정수를 산출하였다.

$$\eta : 95\%$$

$$f : 45[\text{kHz}]$$

$$V_{Lamp} : 100 [V]$$

$$P_{out} : 36[W]$$

$$V_f : 400[V] \text{ (DC 구형파)}$$

$$\eta : \text{안정기 효율}$$

$$f : \text{스위칭 주파수}$$

$$V_{Lamp} : \text{정상상태의 램프 전압}$$

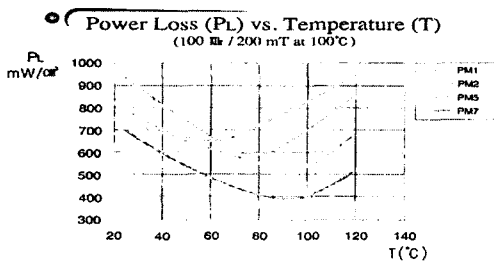
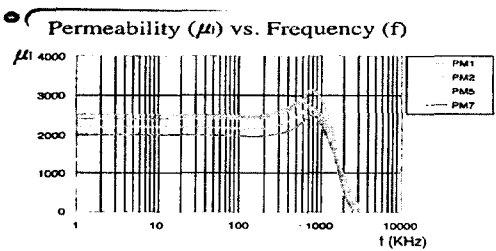
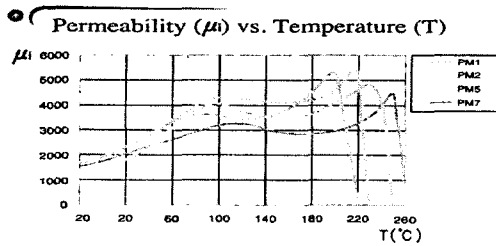
$$P_{out} : \text{Lamp 출력 [W]}$$

$$V_f : \text{구형파 입력 전압}$$

$$P_{in} = V_{in} I_{in} = \frac{P_{out}}{\eta}$$

$$R_{Lamp} = \frac{V_{Lamp}^2}{P_{out}}$$

$$\therefore V_{Lamp} = \left| \frac{Z_p}{Z_s + Z_p} \right| V_{in} \quad (1.1)$$



$Z_s$  : 인덕터  $L$ 의 임피던스( $Z = j\omega L$ )

$Z_p$  :  $R_{Lamp}$ 와 병렬캐패시터의 합( $Z_p = \frac{R}{1 + jR\omega C}$ )

$V_{in}$  : 인가된 구형파 전압의 실효치

$$(V_e = V_{ab} \times \frac{4}{\sqrt{2\pi}}) \text{이다.}$$

$$\text{공진 주파수 } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1.2)$$

식 (1.1),(1.2)를 연립하여 계산하면

$$L = \frac{4RV_{ab}}{\omega V_{Lamp}\pi\sqrt{2}} \text{ 와 } C = \frac{1}{\omega^2 L}$$

로 되어, 같이  $L, C$ 공진 회로의 시정수가 산출된다.

또 한, Lenz's law에 의한 Electromagnetic Induction을 이용한 Boost Choke의 관련 이론은 다음과 같다.

Coil내에서 전류  $I$ 가 흐르고 이에따라 자속  $\Phi$ 가 발생하는 회로에서 발생하는 기전력

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \text{ 또는 } e = -L \frac{di}{dt}$$

그러므로  $L = N \frac{d\phi}{di}$ 에서  $Li = N\Phi$

회로에서  $\phi$ 를 발생시키는 자계

$$H = \frac{NI}{l} \text{ (AT/m)} \quad (l : \text{평균자로 [m]})$$

$$\phi = B \times S \quad (B : \text{자속밀도 [wb/m}^2\text{]})$$

$$(S : \text{자로면적 [m}^2\text{]})$$

$$B = \mu H \quad (\mu = \text{투자율 [H/m]}) \text{에서 } L = \frac{\mu S N^2}{l}$$

과 같이  $L$ 값을 산출할 수 있다.

앞에서 계산된 값들을 이용하여 FPL 36W 형광등용 전자식 안정기를 제작하여 전압, 전류 특성을 측정 하였다.

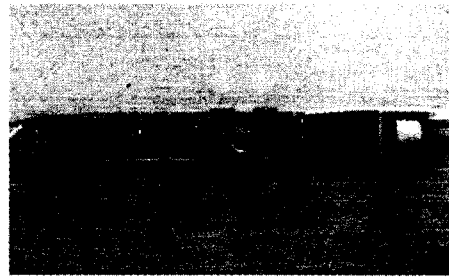


그림3. 페라이트 코아 인덕터를 사용한 전자식 안정기의 사진

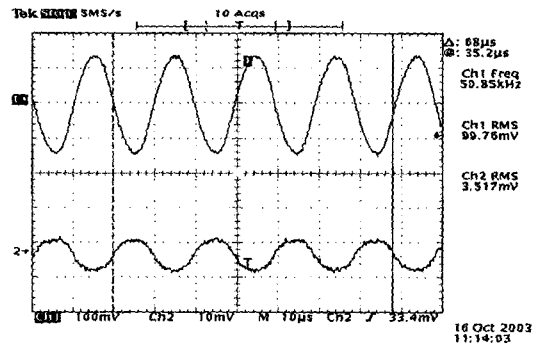
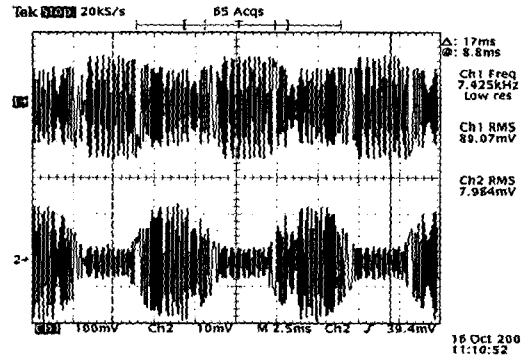


그림4. 그림3의 램프 - 전압, 전류 실측 파형



그림5. 공심 인덕터를 이용한 전자식 안정기의 사진

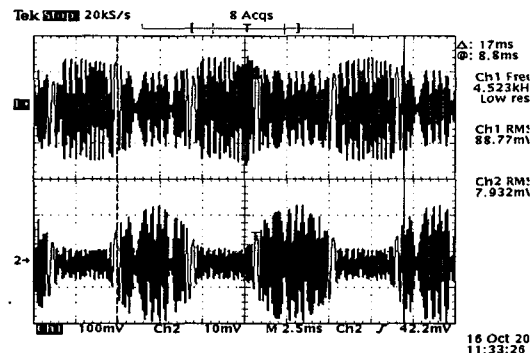
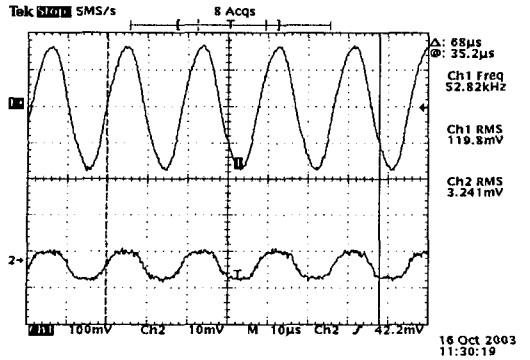


그림6. 그림5의 램프 전압, 전류실측 파형

표1. 제작한 철심·공심 안정기의 특성비교

	Vin	Iin	φ	Vout	Iout	f	L	C
철심	220	0.156	0.93	89.0	0.39	50.8	1.5	0.082
공심	220	0.159	0.93	88.7	0.39	52.8	2.5	0.082

<표1> 과 같이, 실제 제작된 안정기를 분석하여 보면 전기적 특성은 특별한 상이점이 없는 것으로 나타났다. 강자성체를 사용 한 경우 고주파로 갈수록 Core Loss가 커지는 현상은 공심 코어를 사용 하면 Hysteresis Loss가 없어 손실이 감소하기 때문에 기존의 주파수보다 더 높은 주파수로 Switching이 가능하게 된다. 그러나 공진부의 L,C 는 기존의 C값은 고정 한 경우, L값의 상승이 필요한 것으로 나타났으며, 이는 Boost Choke의 Winding면, 체적이 늘어 나는 단점이 발생한다. 따라서 공진 주파수를 높이면 L, C값이 줄어들므로, 상기의 단점은 해결 될 수 있을 것으로 사료된다.

### 3. 결론

본 논문에서는 FPL36W 형광등용 전자식 안정기를 공심 인덕터를 이용 하여 설계하여 제작하였으며, 실제 램프를 안정되게 구동할 수 있었다.

그러나 공심 인덕터를 이용 할 경우 제품의 외함이 전자유도가 일어나는 재질이라면 와전류손이 발생 하게 되며, 이는 외함의 유도가열로 이어지고. 그로인한 발열문제를 고려하여 설계를 하여야 한다. 또한 Switching시 발생하는 전자파 유도장해(EMI)에 대한 검증도 필요며, 이러한 문제점 및 장점을 고찰 한다면 원가절감에 큰 도움이 될 것이다.

#### 참고 문헌

- (1) “트랜스포머/인덕터 설계 테크닉 및 응용기술”, 과학기술정보연구소 pp156~159, 1991.7
- (2) 박중연, 정동열, 조계현, “Lamp용 안정기 종류 및 특징”, 조명·전기설비학회지, Volume.B, No.1, pp47~63, 1999
- (3) William R. Alling, “Preserving Lamp Life Using a low Cost Electronic Ballast with Compact Fluorescent Lamp, a New approach”, Diablo Scientific Laboratories, LTD.