

# IsSPICE를 이용한 400[W] 고압나트륨 램프용 전자식 안정기 설계

(A Design of Electronic Ballast for 400[W] High Pressure Sodium Lamp Using IsSPICE)

강용석\* · 신대철 · 최중문

(Eung-Seok Kang · Dae-Chul Shin · Choung-Moon Choi)

## 요 약

본 논문에서는 half-bridge inverter를 이용하여 400[W] 고압나트륨 램프용 전자식 안정기를 설계하였다. 제안된 등가 LC 직렬 공진회로에서 인덕터와 커패시터의 값을 이론적으로 계산하고, LC 직렬 half-bridge 회로에 대한 IsSPICE 시뮬레이션을 수행하였다. 계산결과를 검증하기 위해 전자식 안정기를 설계 제작하여 실험을 수행하였다. 실험에 의한 전자식 안정기의 제반특성은 시뮬레이션 결과와 대단히 유사하였다. 실험결과 출력전압 400[W]에서 역률 99.3[%], 전류 전고조파 10.01[%], 램프효율 119[lm/W]의 좋은 성과를 나타내었다.

## Abstract

In this paper, we designed the electronic ballast for the 400[W] high pressure sodium lamp using the half-bridge inverter. Inductance and capacitance in the proposed equivalent LC series resonant circuit are calculated theoretically. We performed the simulation of the LC series half-bridge inverter circuit using the IsSPICE and the electronic ballast for the high pressure sodium lamp were implemented for verifying the simulation results. In the experimental results, the specification of the implemented electronic ballast are almost same with the simulated one. The experimental results show the good performance as PF 99.3[%],  $A_{THD}$  10.01[%], lamp efficiency 119[lm/W] at the output 400[W].

Key Words : LC Series Half-Bridge Inverter, Electronic Ballast

## 1. 서 론

최근 우리나라의 전력소비 증가율은 매년 평균

10[%]를 상회하는 높은 수준에 달하고 있어서 이를 충족시키기 위한 발전소의 건설에 따른 막대한 투자비와 입지 제약 등의 문제가 야기되고 있으며, 전력 공급 예비율은 계속 떨어지고 있다. 총 수요 에너지의 약 90[%]를 수입에 의존하는 에너지 현실을 고려할 때 고역률 고효율 전자식 안정기 개발에 의한 에너지 절약과 자원의 효율적인 이용이 절대적으로 필요한 실정이다. 조명에 사용되는 에너지는 전체 에

\* 주저자 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부  
Tel : 041-560-1160, Fax : 041-564-3261

E-mail : kes@kut.ac.kr

접수일자 : 2004년 5월 13일

1차심사 : 2004년 5월 20일

심사완료 : 2004년 6월 11일

너지의 18[%] 수준에 이르고 있으며, 이 중에 산업용으로 사용되는 HID(High Intensity Discharge) 램프의 에너지 소비는 상당한 것으로 조사된 바 있다. 따라서 산업체에서 현재 사용되고 있는 가로등, 공장 및 고천정 투광용등 400[W] 고압나트륨 램프용 자기식 안정기는 간단하고, 저가격 및 신뢰성은 있지만 무게가 약 6[Kg]과 낮은 역률, 낮은 효율, 소음이 많고, 철손과 동손에 의한 손실이 크다는 단점을 가지고 있으며, 이를 극복하기 위해서는 전자식 안정기가 꼭 필요한 실정이다[1][2]. 전자식 안정기로 사용할 경우 소형 경량화가 가능하고, 고주파로 점등할 경우 조광효율을 10~20[%] 향상시킬 수 있으며, 자기식 안정기에서 발생하는 플리커(flicker) 현상을 제거시킬 수 있는 장점이 있다[3].

본 논문에서는 400[W] 전자식 안정기를 half-bridge 인버터를 채택하고, 음향공진을 피하기 위해 정상동작주파수 대역을 25~35[kHz] 사이에서 결정하였다[4].

400[W] 고압나트륨 램프용 전자식 안정기를 설계하기 위해 소자값을 이론적으로 계산하고 IsSPICE를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 얻은 파라미터로 출력의 변화를 예측한 후 실제 전자식 안정기를 설계 제작하여 초기점등 및 정상 점등시 전기적 특성을 비교 검토하였다.

초기 점등시 시뮬레이션 한 전압은 약 1.83[kVp]의 시동전압과 160[Vp]의 정상전압을 얻을 수 있었으며, 실제 제작한 전자식 안정기의 시동전압은 약 1.75 [kVp]의 시동전압과 145[Vp]의 정상전압을 얻을 수 있었다.

## 2. 전자식 안정기의 설계 조건

### 2.1 고압나트륨 램프의 전기적 특성

고압 나트륨등의 분광분포는 나트륨의 D선 (589.0[nm], 589.6[nm]) 부근을 중심으로 폭넓게 밴드 스펙트럼을 상반하지만 약 100~200[mmHg]에서 발광효율은 최대로 되고, 최고효율의 황백색광이 얻어진다. 400[W] 고압나트륨 램프의 전광속은 46,000 [lm], 램프효율 100~140[lm/W], 색온도 2200[°K], 평균수명 12000시간 정도이다[5].

램프의 안정화 시간은 점등 후 8분 정도에서 방전이 안정되며, 재점등시 5분 이하에서 재 점등하여야 한다. 램프의 안정화는 램프를 통하여 흐르는 전류의 제한을 의미하고, 이러한 안정화가 없다면 방전의 부특성으로 인하여 전류는 무한대에 가깝게 증가하여 램프의 파괴로 이어질 것이다.

### 2.2 안정기의 역할

램프는 기체방전 중의 여기원자에 의한 발광을 이용한 것으로 일반적으로 다음과 같은 전기적 특성을 갖는다.

- ① 방전개시전압이 점등시의 램프전압보다 높다.
- ② 전류-전압특성이 부특성이다.
- ③ 교류 점등시 높은 재점호 전압이 필요하다.

위와 같은 램프의 특성 때문에 램프를 안정하게 점등하기 위해서는 별도의 점등회로, 즉 안정기를 필요로 한다.

안정기의 역할은 다음과 같다.

- ① 방전등의 시동전압 공급
- ② 램프전류를 제한하기 위한 한류 소자로서의 기능
- ③ 방전유지를 위한 재점호 전압 공급

방전등의 일반적인 전기적 특성은 부특성에 의해 램프전류가 지나치게 흐르게 되면, 발생하는 소등현상이나 불안정한 점등상태를 피하기 위하여 램프의 전류를 적절한 값에서 제한하는 한류 소자로서 인덕터를 사용하고 있다.

방전램프에서의 안정기는 램프 동작을 도울 뿐, 빛을 발산하는데 직접적인 역할을 하는 장치는 아니지만, 특성상 안정기 없이 동작시킬 수 없기 때문에 반드시 있어야 한다.

## 3. 400[W] 고압나트륨 램프용 전자식 안정기 설계

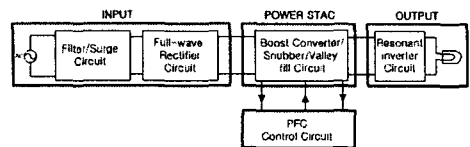


그림 1. 전체 시스템의 블록도  
Fig. 1. Block diagram of all system

그림 1은 전자식 안정기의 전체 시스템 블럭도이며, 전원측에 EMI 필터를 사용하여 노이즈를 제거하였으며, 과전압 및 뇌서지 전압이 유입될 때 임펄스성 노이즈를 제거하기 위해 비선형 저항소자인バリ스터를 사용하고, 정류부, PFC 제어부, 고주파 인버터부, 출력부로 구성되어 있다. 역률 보상회로의 제어 IC는 MC33262를 사용하였으며, 전자식 안정기를 설계할 경우, 회로의 특성을 평가할 수 있는 방법은 회로를 구성하는 소자값을 이론적으로 선정하는 것이 선행되어야 한다.

전자식 안정기에 사용되는 공진형 인버터의 구동 방식에 따라 자려식과 타려식으로 구분된다.

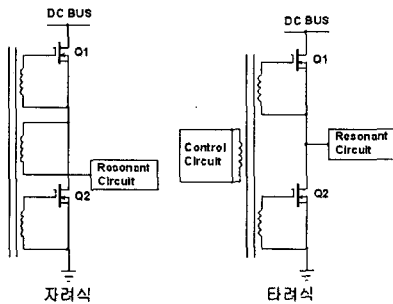


그림 2. 전자식 안정기의 구동방식  
Fig. 2. Driving types of the electronic ballast

그림 2에서 자려식은 게이트 구동회로를 펄스 트랜스를 사용하여 간단히 구성을 할 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 또한 스위칭 주파수를 공진주파수에 의존할 수 밖에 없다. 공진회로에서 L과 C값에 의하여 정확한 공진주파수를 산출하기 어려운 단점을 가지고 있다. 자려식의 초기 점등시 MOSFET를 비롯하여 L과 C로 이루어진 공진 회로 만으로는 램프를 점등시킬 수 없기 때문에 별도의 시동회로(ignitor)를 필요로 한다.

타려식의 경우 별도 구동회로로 게이트를 직접 구동하므로 스위칭 주파수를 쉽게 가변 할 수 있는 장점을 가지고 있으나 게이트 구동회로가 매우 복잡하고, 고주파 구동시 구동 손실이 커지는 단점을 가지고 있다[6].

방전등은 내부에 있는 방전관의 온도가 최소 500 [°C] 이상 올라가야 정격출력을 낼 수 있기 때문에

방전등이 정격출력을 내기까지는 방전된 후 약 8분 정도의 시간이 소요된다. 따라서 방전등이 정격출력을 내면서 정상동작을 하고 있다면, 방전관의 온도가 최소 500[°C]에서 최대 1500[°C]에 이르고 있으며, 이 온도에서는 냉각된 방전등에 비해 방전전압이 기하급수적으로 증가하므로 만약, 다시 트리거 된다면 방전등은 방전되지 않는다. 즉 방전등이 정상동작을 하고 있는 동안의 순간 정전과 같은 상황에서는 방전등은 방전되지 않고, 자려식 공진의 특성에 의해 증가된 공진전류와 전압 때문에 전자식 안정기 회로의 소자가 파괴될 우려가 있다. 그러므로 안정기에 전원이 인가된 후 방전관이 500[°C] 이하로 떨어지는 약 1분 정도 후에 트리거 되도록 하기 위하여 시간지연을 갖는 트리거 회로를 설계하였다[7].

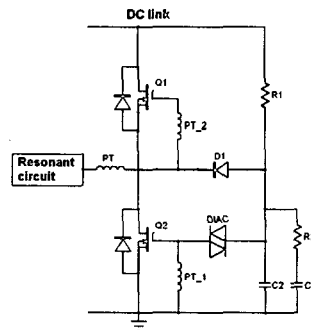


그림 3. 지연시간을 가진 시동회로  
Fig. 3. Starting circuit with the delay time

그림 3에서 시동회로의 동작은 회로 양단에 DC link 전압이 인가되면 저항 R1의 전류에 의해 C1과 C2가 충전되고 DIAC의 문턱전압에서 DIAC은 순간적으로 단락되어 MOSFET Q2 스위치를 ON 시킴으로서 공진탱크는 트리거 된다.

트리거는 약 1분 정도의 시간 지연을 가지며, 시간지연은 수십 [μF] 이상의 C1에 의해 이루어진다. 만약 C2를 제거하고 C1만을 이용한다면 MOSFET Q2가 ON되어 드레인 전압이 GND까지 떨어졌을 때 C1에 충전된 전하량 때문에 D1에 의한 C1의 방전이 순간적으로 이루어지지 않아서 MOSFET Q2를 계속 ON 시키므로 시동이 되지 않는다. 따라서 C1과 직렬로 R2를 연결해야하는데 이때는 DIAC의 순간적인 단락에도 불구하고 펄스의 전류가 MOSFET

Q2의 게이트에 공급되지 않아 트리거가 원활하게 이루어지지 않는다. D1은 MOSFET Q1 스위치가 ON되기 전에 C2를 급속히 방전시켜 시동이 가능하게 하고 이는 RIC2 시정수 보다 훨씬 짧은 주기이므로 방전된 후 트리거를 방지한다.

본 논문에서는 MOSFET Q2의 게이트 단자에 초기 스위칭을 위하여 DC 36[V]의 전압을 인가하여 시동회로를 구성하였다. 현재 사용되고 있는 전자식 안정기의 경우 수십[kHz]의 고주파 점등방식이며, 자려식 방식을 이용하여 LC 직렬 공진회로를 이용하는 방법이 주종을 이루고 있다.

본 논문에서는 회로의 구성이 간단하고 별도의 구동회로가 필요 없는 자려식 방식으로 LC 공진회로를 이용하여 400[W] 고압나트륨 램프용 전자식 안정기를 설계하였다.

### 3.1 시뮬레이션 및 실험결과

그림 4와 같이 구성된 400[W] 고압나트륨용 전자식 안정기는 MC33262를 이용한 PFC 및 하프 브리지 인버터에 MOSFET IRFP350 2개를 사용하고, 역회복 다이오드(Ds1, Ds2)는 역회복시간( $t_{tr}$  : reverse recovery time)이 250[ns]인 다이오드를 채택하였다. 또한 펄스 트랜스포머(PT)는 30:1을 사용하였으며, 인덕터 Ls는 페라이트 코어 EI4035를 사용하였다.

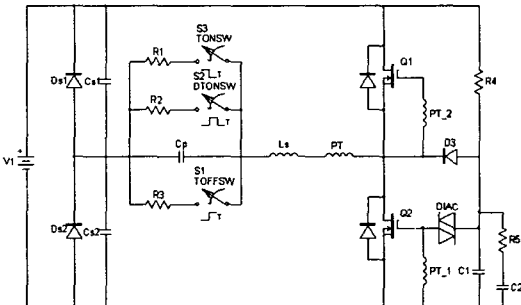


그림 4. 인버터 시뮬레이션 회로  
Fig. 4. simulation circuit of the inverter

본 논문에서는 그림 4와 같이 gate driver의 펄스 트랜스를 포함한 RLC 공진형인버터 방식을 사용하였으며, 시동시 공진주파수는 100[kHz]로 설계하였다.

gate driver 스위칭 동작은 펄스 트랜스에 의해 MOSFET Q1과 Q2에 위상이 서로 다른 게이트전압을 인가시켜 교대로 ON, OFF되도록 하였다.

MOSFET의 스위칭 주파수는 자려식 공진이므로 Ls와 Cp, Cs로 이루어진 직렬 공진회로의 공진주파수와 같다. 그 결과 공진탱크에 구형파 전압이 인가되고 Ls에 공진전류가 흘러 방전등을 공진주파수로 발광시킨다. MOSFET 스위치를 비롯하여 Ls와 Cp, Cs로 이루어진 공진회로만으로는 방전등을 방전시키는 초기 시동이 이루어지지 않기 때문에 별도의 트리거 회로가 필요하다.

초기 시동시에는 방전등은 개방상태이므로 공진전류는 Ls-Cp-Cs 경로로 흐른다. 일반적으로 방전등은 고전압을 방전등 양단에 인가하여야 방전하는데 이를 위해 방전등과 병렬로 Cp를 연결하여 구현한다.

보통 Cp는 Cs보다 상당히 작은 값을 갖기 때문에 Cp-Cs의 직렬회로에서 Cs는 무시되고, 시동시의 Ls와 Cp의 공진에 의해 방전등 양단에 고전압을 얻는다. 따라서 시동시의 공진주파수는 Ls와 Cp에 의해 정해진다. 그러나, 일단 시동되어 방전등이 발광하면 방전등에 비해 임피던스가 훨씬 큰 Cp로는 공진전류가 거의 흐르지 않고 대부분의 공진전류는 Ls-Lamp-Cs 경로로 흐르므로 공진주파수는 Ls와 Cs에 의해 결정된다. 커패시터 Cs의 실효전류를 줄이기 위하여 공진탱크의 Cs를 둘로 나누어 각각 DC link와 GND에 연결함으로써 Cs의 수명을 증가시킬 수 있다. 이와 같이 구성하면 공진의 반주기마다 전체 공진전류를 반반씩 나누어 Cs를 방전시키기 때문에 공진전류를 정현파 전류로 가정하면 Cs를 GND로만 연결했을 때에 비하여 실효전류가  $1/\sqrt{2}$  정도로 감소한다.

고주파로 동작하는 방전등은 간단히 단일 저항으로 모델링할 수 있는데, 시동 직후의 방전등은 상당히 낮은 저항값을 갖기 때문에 급속한 공진전류의 증가로 인하여 MOSFET 스위치 등이 파손될 우려가 있다. 따라서 Cs와 병렬로 다이오드 Ds를 연결하여 Cs의 전압 진폭이 DC link 전압, 즉 공진탱크의 전원전압 이상으로 증가하는 것을 방지함으로써 공진탱크의 전류가 계속적으로 증가하는 것을 방지한다.

다. 또한  $D_s$ 의 중요한 역할은 방전등으로 흐르는 공진전류의 양을 조절하여 적합한 출력전력을 발생시키는 데 있다. 만약  $D_s$ 가 없다면 정해진 DC link 전압과 방전등의 저항값에서 자려식 공진으로는 원하는 출력전력으로 조절할 수 없다.

펄스 트랜스포머의 여자 인덕턴스를 적당히 조절하면 공진전류가 0으로 되기 전에 MOSFET을 스위칭하여 MOSFET 내부의 역병렬 다이오드로 공진전류를 흐르게 한 후 MOSFET의 드레인-소스전압이 다이오드 전압강하 즉, 0인 상태에서 공진전류의 방향이 바뀔 때 자연스럽게 영전압 스위칭(Zero Voltage Switching : ZVS)을 시킴으로써 스위칭시 발생하는 전력손실을 크게 감소시킬 수 있다. 따라서 최근 문제가 대두되고 있는 영전압 스위칭시 발생하는 전자파 장애(Electro Magnetic Interference : EMI)가 상당히 개선되는 장점을 가지고 있다.

고압나트륨등의 방전전압을 3[kV]로 가정하면 이때의  $L_s$ 와  $C_p$ 에 의한 특성임피던스는 가능한 크게 하여 MOSFET 스위치로 흐르는 시동시의 공진전류를 최소화하여야 한다. 시동시는 정상상태 보다 큰 공진전압과 전류가 흐르기 때문에 일반적으로 MOSFET가 파괴되는 경우가 훨씬 증가한다. MOSFET를 IRFP 350으로 사용한다고 가정하면 시동시의 공진전류를 30[A] 이내가 되도록 하면 특성 임피던스는 최소한 100[Ω]으로 정해진다.

시동시 공진주파수는 MOSFET의 스위칭 주파수가 최대 100[kHz]를 넘지 못하기 때문에 스위칭의 원활한 동작을 보장하기 위하여 100[kHz]미만으로 동작시키는 것이 바람직하다. 따라서 시동시 위의 두 조건을 만족하는 식은 다음과 같이 표현된다.

$$Z_o(start) = \sqrt{\frac{L_s}{C_p}} \geq 100[\Omega] \quad (1)$$

$$f_o(start) = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s \cdot C_p}} \leq 100[\text{kHz}] \quad (2)$$

AC 200[V]의 구형파 전압이 공진탱크에 인가되고, MOSFET의 스위칭 주파수는 점등시  $L_s$ 와  $C_p$ 에 의해 공진전류가 흘러 방전등을 초기 공진주파수로 발광시킨다. 이는 점등 후  $L_s$ 와  $C_p$ 로 이루어진 공진

회로의 주파수와 같다. 가장 중요한  $L_s$ ,  $C_p$ 값을 산출하기 위하여 효율 및 주파수를 선정하여야 하므로 효율은 고효율 안정기로 설계되도록 0.92이상을 선택하고 초기동작주파수를 100[kHz]이하로 하였으며, 정상동작주파수는 27[kHz]로 선택하였다.

시동시의 공진탱크는 그림 5처럼  $L_s$ 와  $C_p$ 만에 의한 단순 직렬 공진회로로 표현할 수 있다.

그림 5는  $L_s$ 와  $C_p$ 값을 계산하기 위하여 LC 공진 인버터 회로를 등가화한 것이다. 점등되기 전의 램프 저항  $R_{Lamp}$ 는 매우 커서 개방회로로 모델화한 것이다.

램프에 걸리는 전압  $V_{Lamp}$ 은 분압법칙을 이용하여 계산할 수 있다.

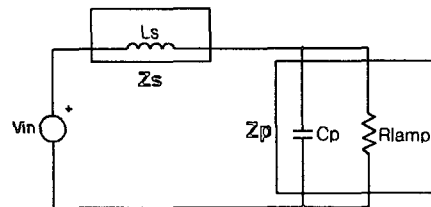


그림 5. 시동전압의 등가회로

Fig. 5. Equivalent circuit of the starting voltage

여기서, 공진회로에 입력되는 구형파( $V_{DC}$ ) 기본 성분의 실효치  $V_m$ 은 피크치의  $4/\sqrt{2}\pi$ 이다. 즉 식 (3)과 같이 표현될 수 있다.

$$V_{Lamp} = \left| \frac{Z_p}{Z_s + Z_p} \right| \cdot V_{in} \quad (3)$$

여기서,  $Z_s$ 는 인덕터  $L_s$ 의 임피던스( $j\omega L_s$ ),  $Z_p$ 는  $R_{Lamp}$ 와 병렬커패시터  $C_p$ 의 합성임피던스( $R/1 + jR\omega C_s$ ),  $V_m$ 은 인가된 구형파 전압의 실효치( $V_{in} = V_{DC} \times 4/\sqrt{2}\pi$ )이다.

본 논문에서의 설계조건은 다음과 같다.

설계조건			
$P_{out}$	400[W]	$V_{DC}$	360[V]
$f_o$	100[kHz]	$f_s$	27[kHz]
$\eta$	0.92	$V_{Lamp}$	100[V]

IsSPICE를 이용한 400[W] 고압나트륨 램프용 전자식 안정기 설계

회로의 소자값과 램프의 등가 저항값을 산출하기 위하여 램프의 출력  $P_{out}$ 와 램프전압  $V_{Lamp}$ 를 각각 400[W]와 100[V]로 가정하고 (5)식에 대입하여 램프의 특성임피던스를 계산하였다.

$$P_{in} = V_{in} I_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} \quad (4)$$

$$Z_{Lamp} = \frac{V_{DC} - V_{Lamp}}{2 \cdot I_P} \quad (5)$$

식 (4), (5)에 의해 입력전력은 435[W]이며, 램프의 특성임피던스는 약 23[Ω]이다.

$L_s$ ,  $C_p$ ,  $C_s$ 의 값은 다음과 같다.

$$L_s = \frac{Z_{Lamp}}{2 \pi f_s} \quad (6)$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_p}}, \quad \omega L_s = \frac{1}{\omega C_p}$$

$$C_p = \frac{1}{\omega^2 L_s} \quad (7)$$

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_s}}, \quad \omega L_s = \frac{1}{\omega C_s}$$

$$C_{s1} = C_{s2} = \frac{C_s}{2} \quad (8)$$

식 (6), (7) 및 (8)에 의해  $L_s$ 값은 136[mH],  $C_p$ 값은 19[nF]이며,  $C_s$ 값은 118[nF]을 얻을 수 있다.

계산된 값을 IsSPICE로 사용하여 시뮬레이션 한 결과는 그림 6과 같다.

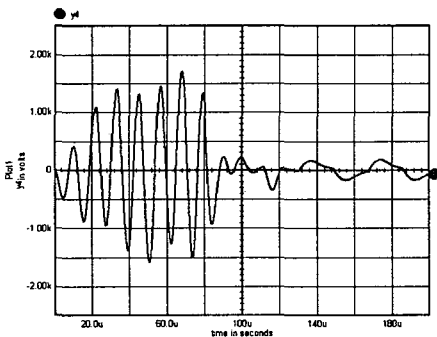


그림 6. 시동전압(500V/div)의 시뮬레이션 파형  
Fig. 6. Simulation waveform of the starting voltage(500V/div)

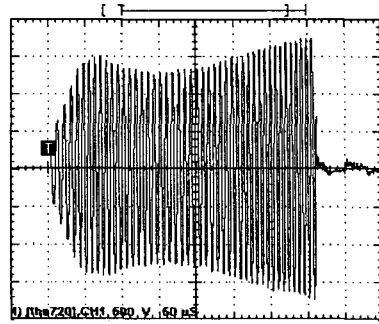


그림 7. 시동전압(500V/div)의 실측 파형  
Fig. 7. Measured waveform of the starting voltage(500V/div)

그림 6은 초기 점등시 DIAC의 트리거에 의해 방전램프가 방전을 일으키는 시동전압을 보여준다. 실제 시뮬레이션 결과 약 1.83[kV]의 시동전압을 얻을 수 있었으며, 제작한 안정기의 시동전압은 그림 7과 같이 약 1.75[kV]를 얻을 수 있었다.

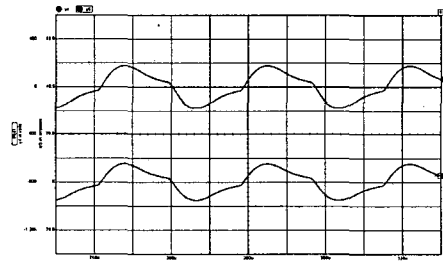


그림 8. 시뮬레이션 한 램프의 출력전압(200V/div) 및 전류(10A/div) 파형  
Fig. 8. Simulated output voltage(200V/div) and current(10A/div) waveform of the lamp

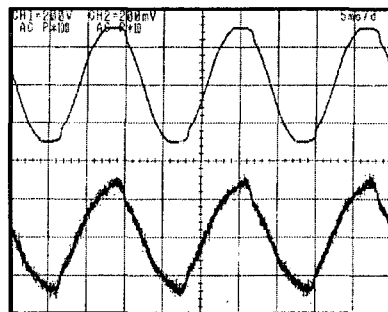


그림 9. 측정된 입력의 전압(200V/div) 및 전류(2A/div)파형  
Fig. 9. Measured input voltage(200V/div) and current(2A/div) waveforms of the lamp

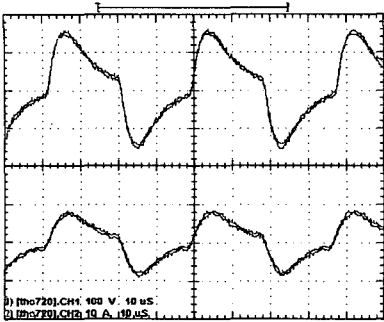


그림 10. 램프의 출력전압(100V/div) 및 전류(10A/div) 파형  
 Fig. 10. Output voltage(100V/div) and current(10A/div) waveform of the lamp

그림 8은 시뮬레이션 한 램프의 출력전압 및 전류 파형이며, 그림 9는 측정된 입력전압 및 전류파형이다.

그림 10은 제작한 전자식 안정기를 사용하여 측정된 램프의 출력전압 및 전류파형이다.

그림 11은 역률보상회로와 하프 브리지 인버터를 추가한 실험장치이다.

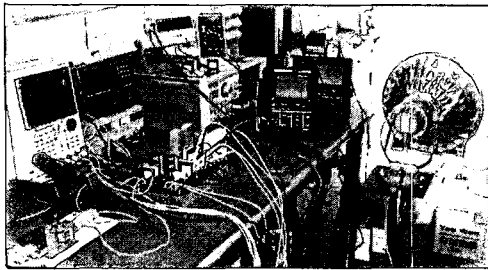


그림 11. 실험장치  
 Fig. 11. The equipment of the experimental system

실험장치로서 오실로스코프(TDS 720P), 전류 증폭기(AM 503S), 전력 에너지 분석기(Voltech PM 3000A), (VIP 3), 광속 측정시스템 등을 사용하여 측정하였다.

실험결과로서 자기식 안정기와 전자식 안정기의 특성을 비교한 결과를 표 1에 정리하였다. 따라서 본 논문에서 설계하고, 구성한 400[W] 고압나트륨 램프용 전자식 안정기의 성능이 우수함을 입증할 수 있었다.

표 1. 자기식 안정기와 전자식 안정기 특성 비교  
 Table 1. A comparison of characteristics between magnetic and electronic ballast

구 분	자기식 안정기	전자식 안정기
입력전압[V]	220	220
입력전류[A]	2.29	1.84
역률[%]	85.6	99.3
입력전력[W]	431	401.9
$A_{THD}$ [%]	59.71	10.01
출력전압[V]	102	100
출력전류[A]	4.36	3.91
광속[lm]	45243.16	47762.8
램프효율[lm/W]	105	119
전체효율[%]	88.2	96.5
안정기손실[W]	51	14
안정기무게[Kg]	6	2

#### 4. 결 론

본 논문에서는 400[W] 고효율 고압나트륨 램프용 전자식 안정기를 이론적으로 계산하고, 시뮬레이션을 수행하였으며 얻은 파라미터로 출력의 변화를 예측한 후 실제 전자식 안정기를 설계 제작하였다.

실험결과 자기식에 비해 역률은 13.8[%], 램프효율 11.8[%], 전체효율 8.6[%]를 향상시킬 수 있었으며,  $A_{THD}$ 는 83.2[%], 안정기 손실 72.6[%], 안정기 무게 66.7[%]을 감소시킬 수 있었다.

음향공진 현상도 실용상에 전혀 지장이 없음을 확인하였다. 또한 경량 이므로 수송 및 작업상의 편의성을 도모할 수 있으며, 동시에 고역률 고효율이기 때문에 연간 우리나라에서 소비되고 있는 전기에너지 중 큰 비중을 차지하고 있는 조명에너지의 증가를 억제할 수 있다. 제안된 전자식 안정기 및 설계방법의 타당성을 실험 결과로부터 확인하였다.

본 논문에서 개발된 고역률 고효율 고압나트륨 램프용 전자식 안정기의 사용이 본격적으로 사용된다면, 본 시작품의 소자 규격과 정수를 변화시키는 방법으로 제작이 가능할 것으로 사료된다. 그러나 본 논문에서 제작된 400[W] 고압나트륨 램프용 전자식

안정기를 상품화하기 위해서는 공진탱크 회로내의 FET 스위칭 손실을 최소화하는 문제를 해결함으로써, 전력손실을 최소화 할 수 있는 절전방법의 개발과 또 다른 정격의 안정기와의 정합문제에 대한 지속적인 연구와 실험이 필요하다.

본 연구는 호서대학교 산학협동연구소 및 (주)태원전기에 의해 수행되었습니다.

### References

- [1] Richard Redl, Jon D. Paul, "A New High-frequency a High-Efficiency Electronic Ballast for HID Lamps: Topology, Analysis, Design, and Experimental Results", IEEE, pp.468, 1999.
- [2] 최명호, 임성훈, 오성근, 한병성, "전자식 안정기의 출력 반도체 온도에 따른 주파수 가변회로 설계", 대한전기학회 논문집, pp.2780, 1999.7.
- [3] 이진우 외4, "150W 고압나트륨램프용 전자식 안정기 개발", 조명·전기설비학회 추계 학술대회 논문집, pp.107, 2000.
- [4] 이치환, "HID 램프용 전자식 안정기의 설계", 조명·전기설비학회논문지, 제13권, 제4호, pp.14-19, 1999.
- [5] 지철근, 조명원론, 문운당, pp.75-78, 1998.
- [6] 류태하 외3, "고성능 전자식 안정기에 적합한 공진형 인버터의 혼합형 구동방식과 제어 IC", 대한 전기학회 하계 학술대회 논문집, pp.2786, 1999.
- [7] 최종문 외3, "나트륨등 및 메탈할라이드 램프용 전자식 안정기 개발", 호서대학교 산학협동연구소, pp.49, 1998.

### ◇ 저자소개 ◇

#### 강응석 (姜應錫)

1964년 9월 30일생. 1990년 2월 호서대학교 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 3월 동 대학원 전기공학과 박사과정 수료. 1992년 4월~현재 한국기술교육대학교 정보기술공학부 전기전공 기술연구원.

#### 신대철 (申大澈)

1952년 3월 2일생. 1973년 건국대학교 전기공학과 졸업. 1975년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 졸업(박사). 1989년~1990년 나카사키대학교 visiting scholar. 1979년~현재 호서대학교 전기정보통신공학부 교수.

#### 최종문 (崔種汶)

1950년 2월 2일생. 1974년 연세대학교 이공대 전기공학과 졸업. 1974년 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1983년 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 호서대학교 전기정보통신공학부 교수.