

고효율 고압 나트륨램프용 자기식 안정기

(High Efficiency Magnetic Ballast for High Pressure Sodium Lamp)

이진우* · 김순기**

* 호서대학교 제1공학부 전기전공 · ** 신성대학 전기공학과 교수

Chin Woo Yi · Soon-Gi Kim

Dept. of Electrical Engineering, Hoseo University · Dept. of Electrical Engineering, Sinsung College

Abstract

The object of this paper is design and to make a high efficiency magnetic ballast for high pressure sodium lamp. The results show the efficiency is 10[%] up compared with standard ballast in best case.

루어지고 있지 않은 실정이다. 그러므로 HID 램프용 고효율 자기식 안정기의 개발은 에너지 절약과 고품가가치 제품의 창출이라는 점에서 매우 필요하다.

본 연구는 소비전력이 절감되는 HID 램프용 고효율 자기식 안정기를 개발하는 것을 목표로 한다.

1. 서론

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 야기되어 전력공급 예비율은 계속 저하하고 있다. 총 수요 에너지의 약 90%를 수입에 의존하고 있는 우리나라의 입장에서는 에너지 절약과 자원의 효율적인 이용이 절대적으로 필요한 실정이다. 조명에 사용되는 에너지는 전체 전기 에너지의 18% 수준에 이르고, 이 중에 산업용으로 사용되는 HID램프의 에너지 소비는 상당한 것으로 조사된 바 있다.

현재 우리나라는 조명기구의 가격에 관한 문제 때문에 조명기구용 안정기를 저효율의 자기식 안정기로 사용하고 있는 실정에 있다. 그러나 구미 각국에서는 고효율의 자기식 안정기를 사용하고 있는 추세에 있다.

형광램프용 자기식 안정기는 이미 국내에서도 고효율화가 추진되어 상당한 수준의 제품이 시판되고 있으나, HID 램프용 자기식 안정기의 고효율화는 이

2. 본론

2.1. 안정기의 역할

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

- ① 방전개시전압이 점등시의 램프전압보다 높다.
- ② 전류-전압특성이 부특성(negative characteristics)이다.
- ③ 교류점등시에 높은 재점호전압이 필요하다.

이와 같은 방전램프의 특성 때문에, 형광램프를 안정하게 점등하기 위해서는 별도의 점등회로, 즉 안정기가 필요로 하다. 안정기의 역할은 다음과 같다.

- ① 방전등의 시동전압 공급
- ② 램프전류를 제한하기 위한 한류소자로서의기능
- ③ 방전유지를 위한 재점호전압 공급

이상의 기본적 기능 외에 에너지 절약 및 특성 향상을 위한 각종 기능이 추가될 수 있으며, 주요 내용으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 회로손실의 절감과 램프 발광효율의 향상에 의한 절전화
- ② 소형경량화
- ③ 램프 시동시간의 단축
- ④ 전원전압, 주위온도 등의 환경 변화에 대한 적응성 개선
- ⑤ 조광 및 자동점멸제어 기능
- ⑥ 안전성 및 고신뢰성
- ⑦ 전자파잡음 억제 및 저소음 기능
- ⑧ 초기 비용의 절감

2.2. 안정기의 설계

방전동용 안정기는 일종의 단권변압기이지만 부하가 부저항특성을 가지므로 단순히 소형 단권변압기와 같이 취급할 수는 없다. 따라서 소형 단권변압기의 설계와 비슷하게 하면서 부하특성에 알맞는 설계가 요구된다. 설계 요령은 각종 규격 및 규정과 시험항목에 이상이 없어야함과 동시에 비용 및 소비전력을 최소화하는 방법을 모색하는 것이다.

따라서 안정기 치수를 줄이는 문제는 실용적으로 다음과 같은 측면에서 접근해야 할 것이다.

- 코일의 점적을 향상
- 전선의 절연등급 향상
- 좋은 철심 재료의 사용

2.3. 안정기의 절전화 대책

자기식 안정기의 전력손(P)은 권선의 직류저항분에 의한 동손(P_c)과, 철심 및 외함 등에 발생하는 철손(P_i)으로 나누어지고, 이 중 철손은 히스테리시스손(P_h)과 와전류손(P_e)의 합으로 구성되어 있다.

$$P = P_i + P_c \dots\dots\dots (1)$$

단권코일에서 철심 및 외함 등의 손실 P_i 와, 권선의 직류저항에 의한 동손 P_c 는는 치수, 중량과의 관계로부터 다음 식으로 주어진다.

$$P_i = K_i \cdot B_m^n \cdot G_i \dots\dots\dots (2)$$

$$P_c = K_c \cdot J^2 \cdot G_c \dots\dots\dots (3)$$

여기서, K_i 는 철심의 재질, 두께, 주파수, 외함 등에 의해 결정되는 상수이고 n 은 1.6~2 정도이며, K_c 는 사용한 코일 및 코일의 온도에 의한 상수이다. 그리고 G_i 및 G_c 는 각각 철심과 코일의 중량을 나타내며, 앞에서 구한 바 있고 다시 표현하면 다음 식과 같다.

$$G_i = 4(2a+c+d) \cdot a \cdot b \cdot \rho_i \cdot F_i \dots\dots\dots (4)$$

$$G_c = \{2(2a+b) + \pi \cdot F_c \cdot c\} \cdot A_w \cdot \rho_c \cdot F_c \dots (5)$$

식 (45) 중 철심창면적 A_w 는 식 (16)으로부터

$$A_w = N \cdot S_c / F_c \equiv c \cdot d \dots\dots\dots (6)$$

안정기 전력손을 절감시키기 위해서는 식(1)~(3)을 근거로 하여 동손과 철손의 양자를 감소시킬 필요가 있지만, 안정기의 전기적 특성, 즉 소정의 전류, 전압, 출력, 변동특성 등은 종래대로 만족해야 하므로 현실적으로는 설계상의 가변요소는 적다.

2.3.1. 철손의 절감 대책

철손의 절감법으로서는 철심 재질을 종래보다 철손이 적은 고등급 재료를 사용하거나 철심의 자기저항을 작게 하는 가공법을 채용하는 방법이 있다. 그러나 철손을 줄이기 위해 철심 등급을 올리는 방법을 취해도 전손실에 대해 철손 자체가 점유하고 있는 비율이 비교적 낮으므로 대폭적인 절감은 기대하기 어렵다. 이상의 내용을 이론적으로 검토해보면 다음과 같다.

식 (2)에서 P_i 를 줄이려면 K_i , B_m , G_i 를 적게 하면 되는데, 이 중 K_i 는 철심의 재질을 좋게 하여 그리고 G_i 는 치수를 적게 하여 손실 P_i 를 줄일 수 있다. 그러나 안정기 전압 V_L 을 나타내면

$$V_L \propto f \cdot N \cdot a \cdot b \cdot F_i \cdot B_m \dots\dots\dots (7)$$

과 같이 되므로, B_m 을 적게 하는 경우 일정 전압을 유지하기 위해서 $N \cdot a \cdot b$ 를 크게 하여야 하는데, 이 중 N 을 크게 하면 식 (5) 및 (6)에 따라 코일 중량이 커지고 식 (3)에 따라 결국 권선의 동손이 증가하게 된다. 만일 N 를 일정하게 두려면 $a \cdot b$ 를 크게 하는 수 밖에 없는데 이것은 식(4)에 의해

G_i 가 커지는 결과를 초래한다. 따라서 철손을 줄이기 위한 바람직한 설계 방향은 B_m 을 단순히 줄이는 것보다는 K_i 를 정하여 $B_m^n G_i$ 가 적게 되도록 하는 것이다.

2.3.2. 동손의 절감 대책

동손의 절감에 대해서는 권선저항을 작게 하는 것이 유일한 방법으로, 큰 직경의 권선을 사용하면 권선의 종류를 바꾸면 된다. 그러나 권선 직경을 크게 하면 코일의 외형이 커져 안정기가 대형화되고, 철심 중량에 따른 철손이 증가하여 절전 목적과는 상반되는 결과를 초래한다. 이 때문에 권선의 점적율을 올리는 등 권선기술의 향상을 도모하고 있다. 즉, 식 (3)의 동손을 줄이기 위해서는 K_c , J , G_c 가 적을수록 좋다. K_c 는 코일의 고유저항, 온도계수, 사용 온도 등에 의해 변하는 상수이며, 동선의 온도 상승이 낮게 되도록 설계하면 적은 값으로 된다. J 의 경우 2승으로 변화하므로 이것을 적게 하는 것이 가장 효과적인데, 단순히 코일 단면적을 크게 하여 해결하고자 하는 것은 식 (3) 및 (5)에 의해 동손을 증가시킬 뿐 아니라, 철심창 면적이 커져야 하므로 식 (2) 및 (4)에 의해 철손과 철심 중량을 크게 하는 결과를 가져온다. 따라서 동손을 절감하기 위해서는 K_i 를 정하여 $J^2 G_c$ 가 적게 되는 방법을 강구하여야 한다. 이를 위한 방안으로서 점적율을 크게 하면 코일 단면적이 커지더라도 철심창 면적이 커지는 것을 막을 수 있고 철심 및 코일의 중량을 줄일 수 있다.

2.3.3. 권선의 점적율을 높이는 방법

권선의 점적율은 철심의 점적율에 비해 상당히 낮은 값으로 보통 0.25~0.50 정도이며, 이것의 원인으로서는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 동근 전선을 사용하므로 권선 각 층마다 층간지를 삽입하는 경우 빈틈이 많이 생기므로 점적률이 $\pi/4 = 0.78$ 보다 클 수는 없다.
- ② 코일 절연물의 두께가 코일 직경의 10% 정도이므로 점적율은 그만큼 감소하며, 층간지를

의해 15% 정도가 더 줄어들게 된다.

- ③ 권선의 바깥부분을 외부로부터 절연시키기 위해 절연층을 형성하는 경우 점적율을 더욱 떨어뜨리는 요인이 된다.

권선의 점적율을 증가시키는 방법으로는 층간지를 사용하지 않는 권선 방식을 채택하면 점적율을 15% 정도 높일 수 있다. 또 다른 방법으로는 정렬 권선 방식이 있다. 이것은 코일을 한번 감은 후 다음 번에는 코일 직경만큼 옆으로 이동하여 감는 동작을 반복하는 것으로, 점적율이 향상된다. 그 개선 정도는

$$\frac{0.91}{0.78} \approx 1.16$$

정도이다. 이 방식은 층간 절연지를 사용하지 않으므로 더욱 더 점적율을 향상시킨다. 그러나 이 방식도 코일의 절연물 두께만큼 점적율을 손해보기 때문에 위에서 보인 수치만큼 개선되지는 않으며, 정밀한 자동권선기를 사용해야만 하고 코일이 균일해야 그 효과를 기대할 수 있다.

2.4. 자기식 안정기 시제품의 특성

제작한 자기식 안정기의 회로도를 그림 1에 나타내었으며, 제작한 자기식 안정기를 그림 2에 도시하였다. 또한 표 1에 시제품 개발 결과를 나타내었다.

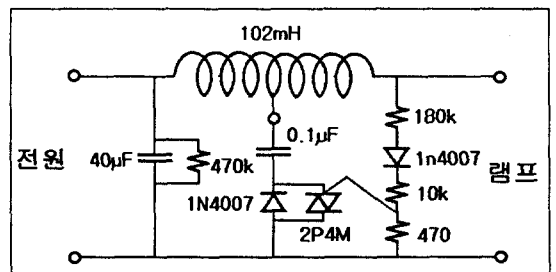


그림 1. 고압 나트륨램프용 자기식 안정기 회로도 (400W)

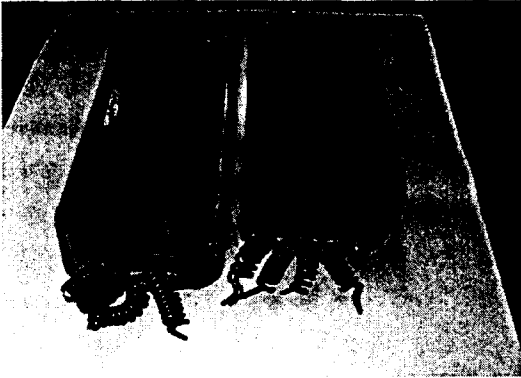


그림 2. 제작한 안정기

안정기 모델을 정립하였고, 자기회로 및 이그나이터를 설계, 제작하였다.

앞으로 수요가 많은 메탈할라이드램프용 고효율 자기식 안정기 개발 필요하다. 또한 자기식 안정기 제작시 점적률을 높이기 위한 권선법 개발 필요하며, 규소강판의 손실을 줄이기 위한 철심 설계법 개발 필요하다. 이와 병행하여 절전률을 높이기 위한 재료발굴 및 설계기술 개발이 지속적으로 연구되어야 할 것이다.

표 1. 시제품 개발 결과

비교 항목 안정기 종류	입력전력 절감 [%]	안정기 전력손실 절감 [%]	광효율 상승 [%]
220[V] 150[W]	5.7	53	9.2
220[V] 250[W]	10	51	7.6
220[V] 400[W]	10	44	16

※ 시험용 안정기 대비

참 고 문 헌

- (1) P.C. Sorcar, "Energy Ssving Lighting Systems", Van Nostrand Reinhold Company, 1982
- (2) 사단법인 한국조명·전기설비학회, "형광등용 자기식 안정기의 특성평가 연구", 1993

3. 결 론

본 연구에서는 시험용 안정기 대비 입력전력 10%전전이 가능한 고압 나트륨램프용 자기식 안정기를 개발하였다.

본 연구결과의 의의는 현재 국내에서는 가격경쟁으로 인하여 개발이 부진하나, 형광램프의 절전에 의한 전력절감 다음으로 효과가 큰 HID램프에 적용시킬 수 있는 고효율 안정기 개발하였다는 것이다.

기존의 자기식 안정기회로들에 대하여 장단점을 분석하였으며, 이론적 연구 및 시뮬레이션을 통한