

의사 DC 방전용 형광등 전자 안정기에 관한 연구

A Study on Pseudo DC Discharging Electronic Ballasts for Fluorescent Lamp

이 범 익* 정 화 진 지 철 근
Lee, Beom-Ick Cheong, Hwa-Jin Chee, Chol-Keun
서울대학교 공과대학원 전기공학과
Dept. of Electrical Eng. Seoul National University

ABSTRACT

Currently-using low-pressure discharge lamps are usually driven by the AC power supply. There are good and bad points according to high or low frequency in AC power driving type. For the low-pressure lamps, its efficiency increases and flicker decreases when it ignites at high frequency. So we already use the high-frequency electronic ballast of the low-pressure discharge lamps broadly. But there are EMI interference in high-frequency driving type because of giving the fluorescent lamp the high-frequency current. So recently, we have a tendency to compensate for that defects by DC driving method.

As follows, we suggest pseudo DC discharging electronic ballasts for fluorescent lamps which have the characteristics of high efficiency and no flicker by driving constant current boosted square wave.

1. 서론

70년대 석유파동이후 에너지절약은 시대적 요청으로써 조명분야에 있어서도 에너지절약 방안이 연구되어 왔다.(2)

이중 형광등 안정기에서는 기존 자기식안정기의 구성재료의 개선, 안정기일부를 반도체소자로 대체시키는 방법, 고주파점등방식등에 의한 효율향상등이 주된 연구개발대상이었다.(5)(7)

본 논문에서는 기존의 고주파 점등형 안정기에서

와같이 방전등의 발광효율이 상승되고(3) 플리커현상이 거의 없어짐과 더불어, DC 방전효과를 충분히 살리면서 DC 점등의 문제점인 흑화현상을 제거할 수 있도록 정전류 초핑에 의한 저주파의 구형파를 램프에 인가함으로써 조명부하에 대해 정전력 특성을 갖는 의사 DC 방전용 형광등 전자안정기를 제안하였다.

2. 의사 DC 방전용 저압 방전등 전자 안정기의 제안 및 설계

2.1 의사 DC 방전용 구형파 구동방식

정전류 제어시에는 램프에 흐르는 전류의 방향이 일정하여 전극의 열화로 인하여 램프의 수명이 단축되므로(6) 이를 개선하며, 직류방전시에는 어른거림이 생기지 않는다는 점에 착안하여 램프전압을 구형파 인가방식으로 채택하였다.

방전등의 정상점등 상태에서 램프전원을 구형파로 인가하여 전류제어로 부귀환을 걸어주면 부저항특성 곡선에서 알 수 있듯이(그림 2.1 참조) 일정 램프전압에서 방전이 안정됨을 알 수 있다. 그림 2.2는 방전등에 인가되는 전압, 전류 파형이다.

2.2 정전류 초핑을 이용한 DC 전압전원

방전등은 부저항 특성을 가지고 있기 때문에 정전류 특성을 갖는 제어방식을 채택하였다.(1) 다음 그림 2.3은 제안한 안정기의 정전류 제어회로 구성도이다.

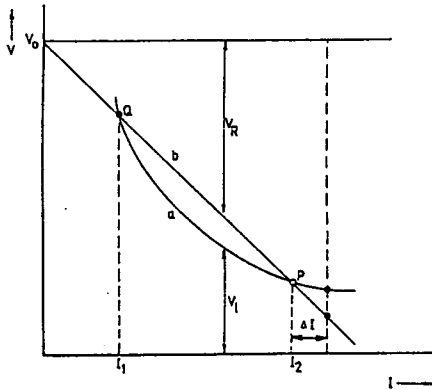


그림 2.1 방전등의 전류-전압 특성곡선

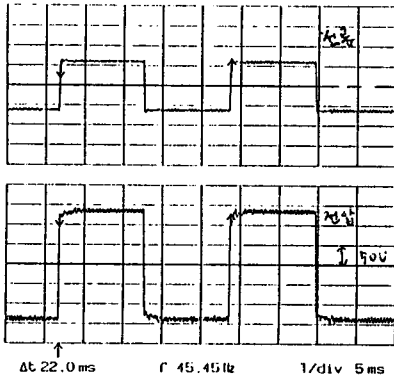


그림 2.2 방전등에 인가되는 전압, 전류 파형

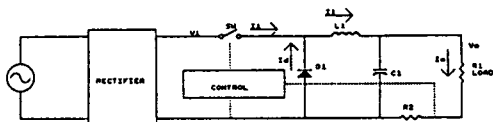


그림 2.3 정전류 제어 회로 구성도

실험에 사용한 램프는 소비전력이 40W인 일반 형광등으로서 정상방전상태일 경우의 램프의 관전압은 120V, 관전류는 0.22A 이다. 그러므로 램프에 일정한 전류를 흐르게 하고 회로를 수식 전개하여 보면 다음과 같다. 그림 2.3의 회로도에서 L1에 흐르는 전류의 변화량을 ΔI 라 하면,

$$\text{SWITCH ON 기간 } \Delta I = \frac{V_i - V_o}{L} T_{on} \quad (2.2.1)$$

$$\text{SWITCH OFF 기간 } \Delta I = \frac{V_o}{L} T_{off} \quad (2.2.2)$$

전류가 연속이라면, 위의 두식이 같아야 하므로, 구하는 출력전압은

$$V_o = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} V_i \quad (2.2.3)$$

따라서, 안정기 및 방전등의 회로를 $V_i = 311.1$ [V], $V_o = 128.3$ [V], $I_o = 0.22$ [A], $L = 8.73$ [mH], $T_{on} + T_{off} = 31.7$ [μsec]로 구성하면, $T_{on} = 13.07$ [μsec]임을 알 수 있으며, 그림 2.4보다 나은 완벽한 스위칭 동작을 하는 파형과 함께 입력전압과 T_{on} 시간의 관계를 알 수 있고 출력전압은 그림 2.2에 나와있다.

그림 2.4에서 보이는 공진현상은, 일반적인 설계의 경우 전부하시에서는 전류가 연속모드가 되도록 설계하지만 경부하시에는 불연속모드로 되기 때문에 일어난다. 따라서 초크코일 L의 값은 전부하시에 L을 흐르는 리플전류의 피크값이 부하전류의 1/2 이하가 되도록 설계함으로써 이 공진현상을 제거할 수 있으며 실험결과 만족스러운 SWITCHING 특성을 갖게 할 수 있었다. 즉 최대 출력 전류를 $I_{o(max)}$ 로 하면

$$\frac{V_i - V_o}{L} T_{on} < 0.5 I_{o(max)} \quad (2.2.4)$$

가 된다. 따라서 다음과 같은 조건을 만족하는 값보다 큰 L값을 가지고 설계하면 안정된 파형을 얻을 수 있다.

$$L > \frac{2(V_i - V_o)}{I_{o(max)}} T_{on} \quad (2.2.5)$$

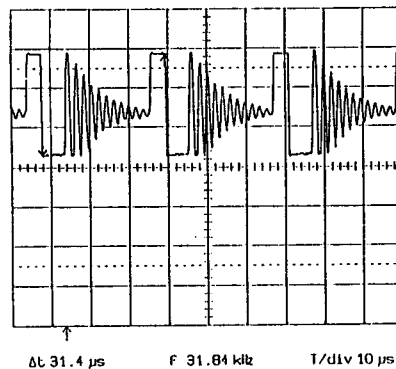


그림 2.4 초퍼의 스위칭 특성 파형

본 회로에 조광기능을 부여하기 위해서 전력제어를 수행하여야 하는데, 본회로에서는 방전등의 부저항 특성 때문에 전류를 부귀환(Negative Feedback) 시킴으로써 방전등에 인가되는 전압을 조절하여 설정전류치에 도달하게 하는 방식으로 광출력을 제어

할 수 있도록 하였다. 전류제어회로의 구성도는 그림 2.5과 같다.

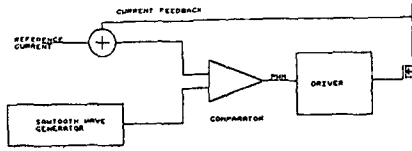


그림 2.5 전류 제어 회로 구성도

2.3 정전류 제어형 의사 DC 방전용 구형파 점등

앞의 두가지 방식을 결합하여 조광기능을 가지며, 안정적이고 입력전압에 대해 일정한 광출력을 갖는 저압방전등용 전자안정기를 구성하였다. 다음의 그림은 전자안정기의 회로구성을 보여주고 있다.

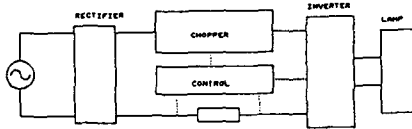


그림 2.6 의사 DC 방전용 전자 안정기의 구성

3. 의사 DC 방전용 전자안정기의 실험 결과

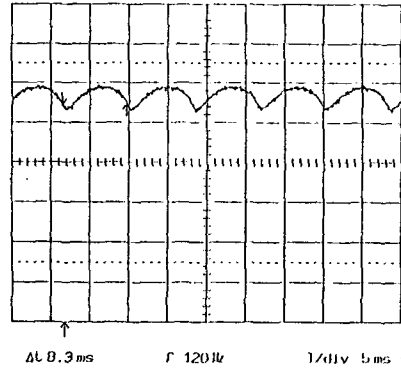
시험평가에 사용한 재래식 안정기는 입력전압이 220V, 입력전력이 40W, 정격입력전류 0.22A, 관전압 120V 이고 전자식 안정기는 입력전압이 110V, 입력 전력 40W이고 시제품 전자식 안정기는 입력전압이 220V, 입력전력 40W, 관전압이 120V, 관전류 0.22A 이다.

3.1 조명부하의 정전력성 평가(4)

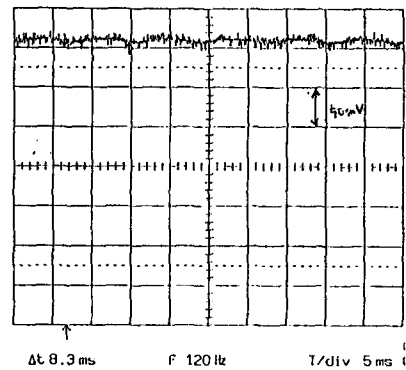
정격입력전력일때의 광출력 및 전원전압을 기준으로 각각에 대해 측정된 결과 그림 3.1에 보듯이 재래식 안정기와 기존의 전자식 안정기의 경우에는 전원전압이 변동함에 따라 입력전력 및 광출력이 비례해서 변화한다. 그러나 시험제작한 안정기의 경우에는 입력전압의 변동에도 일정한 광출력을 유지함을 알 수 있다.

3.2 조광기능 평가

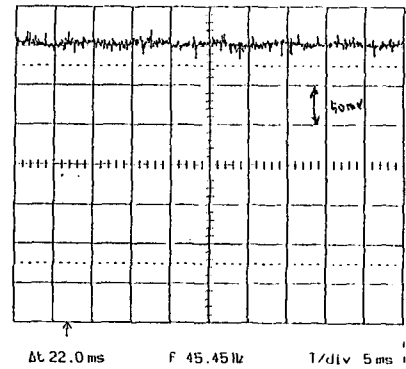
기존의 재래식 안정기와는 달리, 시험제작한 전자식 안정기의 경우에는 220V의 전원전압을 인가했을



(a) 재래식 안정기



(b) 기존의 전자식 안정기



(c) 시제품 안정기

그림 3.1 입력전압 변동에 대한 광출력의 비교

때 정상상태의 73% 에서 100%까지 광출력을 조정할 수 있다.(그림 3.2 참고)

3.3 효율 비교

정상상태에서 입력전력을 일정하게 유지하고 출력 조도를 측정하여 비교하였다. 조도측정은 셀레늄

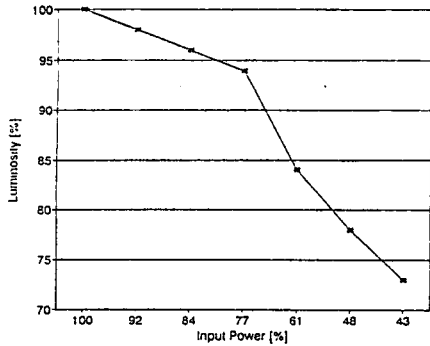


그림 3.2 입력전력과 광출력의 비교

광전지에 2.07k Ω 의 저항을 연결하여 상대적인 방법으로 평가하였다. 그림 3.3은 측정방법을 나타낸 구성도이다. 표 3.1에서 효율이 기존의 전자식 안정기와 거의 비슷하며 재래식 안정기에 비해 12.96%나 향상되었음을 볼 수 있다.

표 3.1 일정입력전력에 대한 광출력의 비교

구분	입력전력	광전지 전압	효율
재래식	40 W	162 mV	100 %
전자식	40 W	181 mV	111.73 %
시제품	40 W	183 mV	112.96%

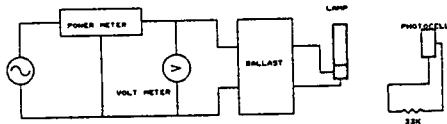


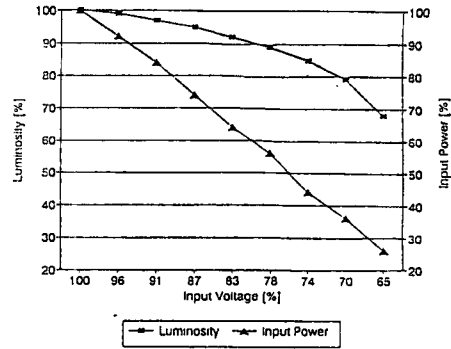
그림 3.3 광출력 측정에 사용한 실험장치 구성

3.4 조도의 균일성 비교

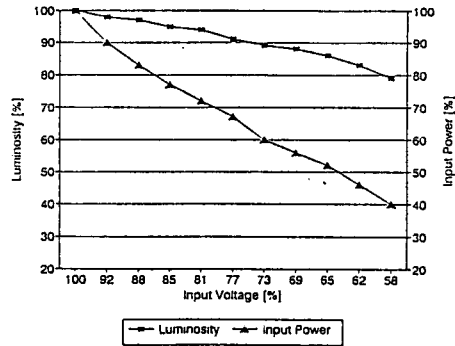
조도의 균일성은 리플율을 기준으로 평가하였다. 표 3.2에서 보듯이 시제품은 재래식에 비해서 리플율이 약 200배 이상으로(리플이 거의 없음) 현저하게 잡박임이 감소하였음을 알 수 있다. 그림 3.4는 광전지의 출력을 보이고 있다.

표 3.2 리플율의 비교

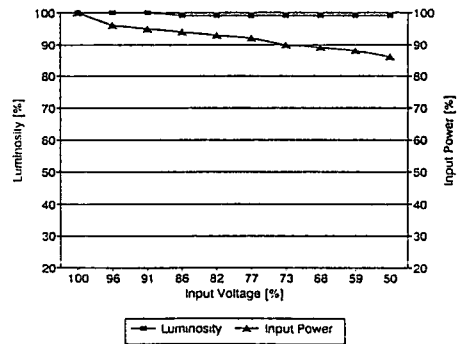
구분	입력전력	광전지 전압	리플 전압	리플율
재래식	40 W	162 mV	38.9 mV	24 %
전자식	40 W	181 mV	0.2 mV	0.11 %
시제품	40 W	183 mV	0.2 mV	0.11 %



(a) 재래식 안정기



(b) 전자식 안정기



(c) 시제품 전자식 안정기

그림 3.4 일정 입력전력에서 램프의 광출력 비교

4. 결론

의사 DC 방전용 형광등의 전자안정기를 제작하여 성능을 비교한 결과 재래식 안정기에 비하여 동일한 입력전력에서 광출력 효율이 12.96%나 향상 되었으며, 어튼거림(flicker)이 거의 없는 안정된 광출력을 얻었으며, 조광기능을 부여함은 물론 전원전압의

변동에 대한 부하의 정출력성은 매우 뛰어나다. 특히 본 논문에서 특기할 만한 점은 전자식 안정기의 고주파 점등방식과는 달리 의사 DC 방전, 즉 저주파의 구형파 점등방식이라는 전혀 새로운 구동방식을 제안한 점에 있다.

그러나 제안된 안정기의 실용화를 위해서는 다음과 같은 점이 개선되어야만 할 것이다. 즉 제품의 단가 인하와 안정기의 소비전력 감소를 위해 스위칭 소자와 콘트롤 회로의 소자의 개선 및 안정기의 소형화가 이루어져야 한다. 또한 오펜시간이 소요되긴 하나 램프의 수명에 대한 실험도 수행되어야 한다.

5. 참고문헌

(1) 지철근, 전기응용, 문운당, 1987.
(2) 최수현외, "LC공진회로를 이용한 형광등용 전자

안정기에 관한 연구", 조명전기설비 학회지, Vol 2, No 3, pp 233-240, 1988.
(3) 여인선, "방전등용 안정기 발전추이", 조명전기설비 학회지, Vol 3, No 1, pp 34-37, 1989.
(4) William. R. Alling, "Important Design Parameters for Solid State Ballasts", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol 25, No 2, pp 203-207, 1989.
(5) Osamu, N. and Nanjo, A., "History, Recent Situation and Forecast of Discharge Lamp Ballasts", J. Illum. Eng. Inst. Jpn, Vol 64, No 3, pp 103-109, 1980.
(6) W. Elenbaas, Fluorescent Lamps, Macmillan, Eindhoven, 1971.
(7) Nanjo Aoike, "Development of Fluorescent Lamp Ballast for 50 Years", J. Illum. Eng. Inst. Jpn, Vol 72, No 5, pp 255-263, 1988.