

환형 T-5램프용 복합 전자식 안정기 개발

Development of Dimming Ballast for T-5 Circular Fluorescent Lamps

오철성*, 조성권** 이홍호***, 여진기***

* 충남대학교 전기공학과(전화:(042)936-7001, 팩스:(042)936-7002, E-mail :ocsung@hanmail.net)

** (주)엠아이티엔터프라이스 (전화:(042)936-7000, 팩스:(042)936-7002, E-mail :mit7117@yahoo.co.kr)

*** 충남대학교 전기공학과(전화:(042)821-5656, 팩스 (042)923-7970, E-mail :leehh@cnu.ac.kr)

Abstract : The T-5 Lamps developed in 1996 is the high efficiency fluorescent lamps. the lamps voltage is high, and the lamps current small because the lamps are slender tube of 16mm diameter. And so, the electrical characteristics of the Ballast for the lamps are different from of the Ballast for T-10 or T-8 lamps. Therefore, the know-how of the exclusive Ballast for the T-5 fluorescent lamps should be as soon as possible.

We described the electrical and optical characteristics of the Electronic Ballast for T-5 Circular Fluorescent Lamps. The developed Electronic dimming Ballast for T-5 Circular Fluorescent Lamps has the 45% energy saving effects than the T-10 lamps. And it has the promotion of the THD less than 10%, CF less than 1.5%, Flickering less than 5% and 99% power factor. And it is available for two T-5 Circular Fluorescent Lamps dimming, 22W and 40W.

Keywords : T-5, dimming Ballast, T-5 Circular Fluorescent Lamps,

1. 서론

최근 조명용 광원은 첨단과학기술에 의하여 효율향상, 연색성개선, 장수명화, 편익성 개선 등이 급속도로 이루어져 신제품의 개발 주기가 짧아지고 있다.

관경 16mm T-5램프는 기존의 관경 32mm T-10 램프에 비하여 약 40%의 절전 효과가 있으며 최근 보급중인 절전형 형광 램프인 관경 26mm T-8램프와의 대비에서도 10%이상의 절전 효과가 있는 고효율 형광 램프이다.[1] T-5램프는 관경이 1/2로 세관화 되어있고 길이도 기존 1200mm가 아닌 1115mm로 유리관과 형광물질, 수은, 봉입가스등 자원 절약에도 크게 기여하며 형광등기구의 두께를 얇게 할 수 있어 등기구 제조사의 원가절감 및 설치 시 편의성을 향상시킬 것이다.

우리나라에서도 조명용 전력이 급증하여 총 소비전력의 약 19%를 점유하고 계속 상승하여 최근에는 선진국 수준인 20%에 근접할 것으로 예측되고 있다. 특히 한국전력공사의 조명기기 보급 실태조사에 의하면 조명용 광원 중 형광 램프가 전체 보급대수의 80%를 상회하여 조명용 전력 중 형광 램프의 전력사용 비중이 크므로 고효율 형광 램프 및 안정기 개발이 수행되어야 한다.[2] 특히 국내의 환형 형광 램프의 경우 전용 안정기가 거의 전무한 실정이고 기존의 환형 형광 램프에 사용되었던 안정기는 직관형 안정기를 사용하여 램프의 임피던스 정합이 맞지 않아 램프 및 안정기의 수명이 짧아지고, 시동 불량 현상이 자주 발생하는 단점이 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결한 T-5 환형

형광 램프전용 복합 전자식 안정기를 개발하기 위하여 T-5 형광 램프 및 표준 전자식 안정기의 전기적, 광학적 특성을 분석하였고 나아가 1개의 안정기로 서로 다른 출력을 갖는 복수개의 환형 램프 사용과 조광(Dimming) 기능을 추가하였다.

II. T-5 형광램프의 특성비교

1.T-5 형광램프의 전기적 특성 비교

[표1] T-5 형광 램프의 주요특성 비교

	T-5 직관형램프 (28W)	T-5 환형램프 (22W)	T-5 환형램프 (40W)
Lamp Voltage (V)	167	95	130
Lamp Current(mA)	170	230	300
Lamp Impedance(Ω)	950	390	430
Lamp Light Output(lm)	2900	1800	3200
Lamp Efficacy(lm/W)	104	82	80

T-5 형광 램프는 관경이 16mm로 기존의 T-10램프의 32mm의 관경의 1/2이고 최근 보급이 시작된 절전형 램프 T-8램프의 관경 26mm에 비하여도 10mm가 더 가늘어진 슬림형 고효율램프이다. T-5램프는 T-8이나 T-10에 비하여 램프 전압과 임피던스는 높고 램프 전류와 전력은 낮으나 광출력은 기존의 램프와 비슷하여 에너지 절약효과가 큰 것이 특징이다. T-5 직관형 램

프와 T-5 환형 램프의 주요특성을 정리하면 [표 1]과 같다.

1.T-5 형광램프의 광학적 특성 비교

T-5 형광 램프의 광학적 특성은 연색지수가 80-85인 Color 830/840 램프 기준으로 환형 22W 램프의 경우 전광속이 1800 lm이며 발광효율은 82 lm/W로 환형 형광 램프 중 가장 높다. 램프 수명은 최저 12,000에서 16,000시간이며 3분 ON, 3분 OFF 시험으로 100,000회 이상 견딘다.

T-5 환형 램프용 안정기 설계 기준이 되는 T-5 직관형 형광 램프의 광학적 특성을 정리하면 [표2] 같다.[3]

[표2] T-5 직관형 형광 램프의 광학적 특성

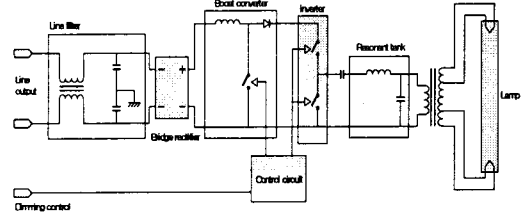
High Frequency Operation Lamp	W	28	35	
Nominal Light Output (color 840/830)	lm	2900	3650	
Minimum Light Output (color 840/830)	lm	2668	3358	
Efficacy (color 840/830)	lm/W	104	104	
Nominal Light Output (color 860)	lm	2750	3500	
Minimum Light Output (color 860)	lm	2530	3220	
Efficacy (color 860)	lm/W	98	100	
Chromaticity for color X		860	840	830
		0.313	0.380	0.440
Chromaticity for color Y		0.337	0.380	0.403
Plank Temperature CRI	K	6000	4000	3000
	/	80...85	80...85	80...85
Luminance (color 830/840)	cd/cm ²	1.7	1.7	
Life time [0.70℃, 165' on/15' off]	h	16000	16000	
Lamp Orientation		Horizontal or branded end down		
Ambient Temperature	℃	-40~70		

III. T-5 환형 형광램프용 안정기의 설계 제작

1.설계기준

T-5램프는 관경이 16mm로 기존의 T-10램프의 관경 32mm의 1/2로 세관 화되어 램프의 임피던스가 950Ω으로 T-10의 418Ω, T-8의 560Ω에 비하여 높아 시동전압과 램프 전압은 높으며 램프 전류는 낮은 특징을 나타내고 있다. 따라서 T-5램프용 안정기 설계의 특징은 안정기의 인버터 출력 임피던스를 램프의 임피던스에 정합시켜 정격 램프전압과 전류를 최적화하므로 램프의 광학적인 특성과 정격 수명을 유지할 수 있도록 해

야 한다. 그 외에 안정기의 시스템에 따른 전원의 입력에서 고주파 출력에 이르는 각 회로부의 전기적인 특성을 유지할 수 있도록 설계되어야 한다. [그림1]은 설계된 안정기의 구성도이다.



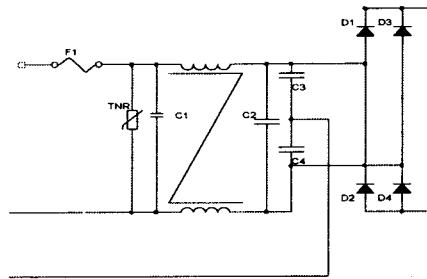
[그림1] 설계된 안정기의 구성도

전원부는 계통선 으로부터 유입되는 잡음을 걸러주는 라인필터 회로와 전파정류회로로 구성되어 있으며 제어 회로부는 DC Regulator와 Soft Start, Active Power Factor Correction Over Voltage Protection, Voltage Controlled Dimming, Temperature Protection, No Lamp Detector, Oscillator, Emergency Detector로 구성되어 종합 제어기능을 갖는다. 전자식 안정기의 핵심 부분인 Switching 회로부는 제어부에서 발진된 고주파로 구동되어 램프에 고주파를 출력한다.

Resonant tank는 안정기의 고주파 출력과 램프와 임피던스를 정합 시켜 램프전류를 제한하고 램프의 전기적 특성대로 작동되어 램프의 광학적 특성대로 동작시켜 준다.[4]

2.전원회로

전원부의 회로는 [그림 2]와 같다. 본 회로에서는 계통선 으로부터 유입되는 잡음을 걸러내고 써지 전압을 흡수하여 회로를 안정화시키고 안정기 내부에서 발생하는 잡음의 계통선 으로의 유출을 차단시킨다.



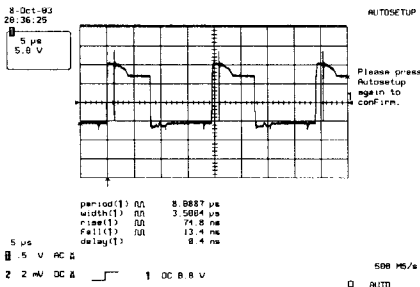
[그림 2] 입력 전원

써지 흡수용으로는 TNR을 사용하여 전원 입력 측으로 낙뢰나 순간적인 과전압 등 써지가 인입 될 경우 이를 제거하여 2차측 회로를 보호하도록 설계되었고 잡음필터는 Ferite core를 이용한 인덕턴스 L1과 C1-C4 Capacitor를 X,Y형 회로로 구성하여 빠른 스위칭 동작으로 발생하는 내부 Noise를 인입 전원측에 흘러들어가지 않도록 설계되어 EMI를 제거하였다. 정류 회로에는 브리지회로를 이용한 전파정류를 하였다. 특히 입력 역률과 부하 전류를 검출하여 제어하므로

99%이상의 고역률화를 이루었고 THD(Total Harmonic Distortion)를 10% 이내로 감소시켰다.[5]

3.제어회로

제어 회로의 기능은 시동 시에 Soft Start 점동, 인버터의 Zero Voltage Switching, Constant Output Control, No Load Protection, Over Temperature Protection, Dimming Control, Emergency Protection 기능등 전자식 안정기의 성능과 신뢰도를 높였다. [그림 3] 은 Drive IC Pin7번의 Gate 출력 파형이다



[그림 3] Drive IC 출력 Gate 파형

4.조광회로 (Dimming Control)

Dimming 제어는 두 가지 방법으로 활용될 수 있다. 첫째는 주광조도 센서에 의하여 조도를 일정 조도를 유지시켜 주는 조광제어와 두 번째로는 인위적으로 필요에 따라 조도를 가변하는 방법이다. 본 논문에서는 외부에서 0V~10V의 DC전압을 인가하는 방법을 사용하였다. 작동원리는 그림 4 - 4의 Pin3의 DC전압에 따라 출력주파수가 가변되어 조광제어를 하게 된다. 즉 주파수가 높아지면 한류용 초크의 임피던스가 증가되어 램프 전류가 감소되어 어두워지고 반대로 주파수가 낮아지면 한류용 초크의 임피던스가 감소되어 램프 전류가 증가되므로 밝아지게 된다. 임피던스와 주파수의 관계는 $Z = \omega L$ ($\omega=2\pi f$)로 표시된다.

이때 Dimming 전류 I_d 는

$$I_d = 25\mu A \times (V_{ref} - V_d) / V_{ref}$$

$$V_d = V_{dim} / 5$$

이고 Dimming 주파수는 다음과 같다.

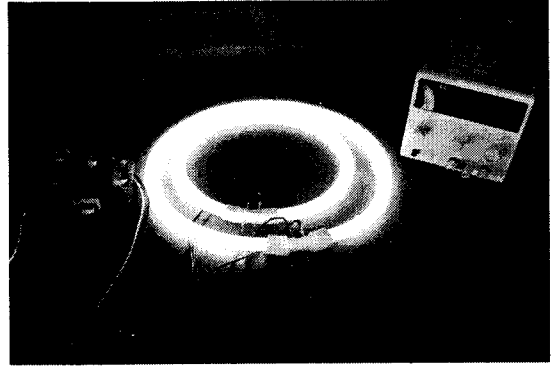
$$\frac{dV}{dt} = \frac{50\mu A + I_d}{Ct}$$

$$dTch(dim) = \frac{dV \times Ct}{50\mu A + \left(\frac{25\mu A (V_{ref} - V_d)}{V_{ref}} \right)}$$

$$dTch(dim) = \frac{dV \times Ct}{7 \times 50\mu A + \left(\frac{25\mu A (V_{ref} - V_d)}{V_{ref}} \right)}$$

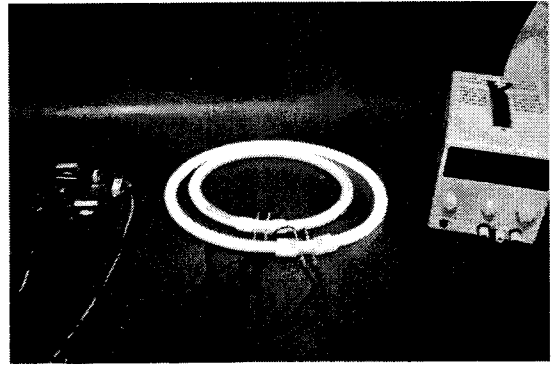
$$Ts(dim) = 2 \times (Tch(dim) + Tdis(dim))$$

$$fSW(dim) = \frac{1}{Ts(dim)} \quad [6]$$

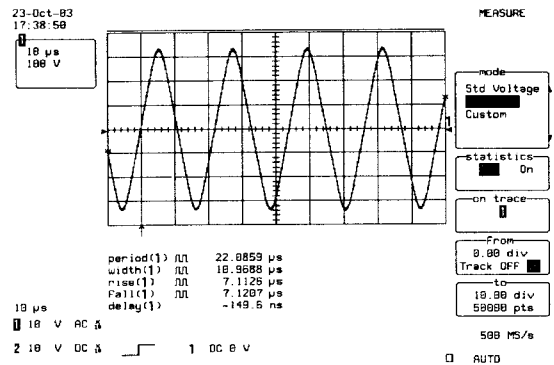


[그림 4] 100% Dimming 실험

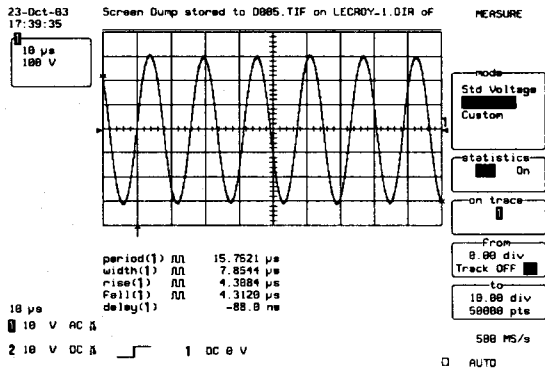
100% Dimming시 점동 주파수는 45.6kHz, 소비전력은 62W 이고 10% Dimming시 점동 주파수는 66.6kHz이며 소비전력은 22W이다.



[그림 5] 10% Dimming 실험

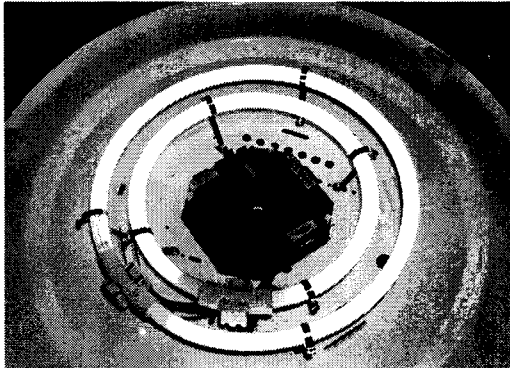


[그림 6] 100% Dimming시 전압파형



[그림 7] 10% Dimming 전압파형

[그림 4]와 [그림 6]은 100% Dimming시 실험 모습과 램프 출력 전압파형이고, [그림 5]와 [그림 7]은 10% Dimming시 실험 모습과 램프 출력 전압파형이다.



[그림 8] 개발된 안정기의 점등사진

5. 이상온도 보호회로(Over Temperature Protection)

이상온도에 대한 보호기능은 Thermistor가 출력 FET와 접촉되어 온도가 90°C 이상이 되면 SCR Gate를 구동시켜 Pin8의 Vcc를 차단시키는 방법으로 출력을 정지시켜 출력소자 및 다른 부품을 보호하며 재점등시 Restart되어 동작한다. 작동 온도는 소자의 치수에 따라 조정이 가능하다

IV. 결론

T-5 환경 형광 램프용 전자식 안정기 개발로 인한 연구 성과는 다음과 같이 요약 할 수 있다

- 전기에너지 절약에 기여 :

전기에너지는 고급에너지로 전기 1%의 절약은 약 3%의 화석연료를 절약하는 것이다. 본 시스템은 T-10 대비 40% 이상 T-8 대비 10%이상의 전력 절감으로 조명에너지 절약에 기여할 수 있다.

- 자원절약에 기여 :

T-5형광 램프는 초슬림형으로 환경이 16mm로 가늘어 기구재료와 램프 재료에서 약 30% 이상의 자원 절약과 환경보호에 기여할 것이다.

- 시환경 개선에 기여 :

T-5 램프는 3파장 전류 고조파함유율 램프로 연색성이 좋아 자연색에 근접하여 시환경 개선에 크게 기여하며 본 안정기의 깜빡임(Flickering)현상이 적어 시력보호에 기여할 수 있다.

T-5 형광 램프는 4세대 차세대 광원으로 고효율 안정기의 개발로 관련기업의 기반기술 확보에 기여할 것으로 전망되고 있다.

향후 보완되어야 할 사항은 출력이 서로 다른 22W와 40W 환경 형광램프를 Dimming 제어로 제 점등 하였을 경우 램프 임피던스가 다르기 때문에 동시 점등이 원활하게 이루어지지 않는 점이 있는데 지속적인 기술 개발을 통하여 이 문제를 해결해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 조성권 외3인, "T-5 형광등용 고효율 전자식안정기 개발", (주)엠아이엔터프라이스, pp5~17, 2000
- [2] 한국전력연구원 "조명기기 보급 실태조사" 한국전력공사 1999
- [3] ABMKL-M, ABEL-A, "Specification T5 Linear Lamps", OSRAM_EA/SP/63 pp 1~7, 1996
- [4] 박종연, 서주하, "반도체 스타터식 안정기와 전자식 안정기의 특성비교", 고마크 조명기기 제조업체 협의회, pp 11~16, 1999
- [5] William R. Alling, "Important Design Parameters for Solid-State Ballast", IEEE Trans. Ind. Appl., pp 203~207, 1989
- [6] 김대봉 "조광제어용 IC" 조명.전기설비학회지 Vol. 13. NO. 3 pp 29~36, 1999