

2000년도 대한전기학회 전문대학교육연구회 하계학술대회 논문집 2000. 7. 7-8

파형개선을 위한 방전등 안정기 개발

°이오걸*, 송달설*, 김태우**, 이준탁**, 송호신***, 김종기****
동의공업대학*, 동아대학교**, 부산정보대학***, 주)코세이****

Development of discharge lamp ballast for wave improvement

°O. K. Lee*, D. S. Song*, T. W. Kim**, J. T. Lee**, H. S. Song***, J. G. Kim****
Dong-Eui I.T*, Dong-A Uni.**, Pusan I.T***, Kosei Co.****

Abstract - This paper was development a discharge lamp ballast in order to wave improvement of high power factor and high efficiency. The discharge lamp ballast consists of a power factor correction circuit and a correction circuit on switching frequency of inverter. Instead of passive power factor circuit, active power factor circuit is adopted. Because it has the advantage of size, weight, total harmonic distortion, out DC voltage regulation, and power factor. The power factor circuit with MG34262 is controlled by variable frequency discontinuous mode. Results experiments, discharge lamp ballast is showed to have excellent for the proposed electronic ballast's operation and characteristics.

1. 서 론

방전등 중에서 형광등은 광효율이 높고 수명이 길어 널리 사용되고 있다. 보편적인 40Watt (48-inch T-12) 형광등에 있어서, 안정기의 손실을 포함하고도 같은 광속(luminous flux)을 내는 백열등보다 효율이 5배 가량 높다. 또한, 형광등의 평균 수명은 7000시간으로 백열등의 1000시간에 비하여 대단히 길다. 그러나, 방전관(gas discharge lamp)의 특성을 가지므로, 높은 방전 개시 전압과 부지향 특성을 보상할 수 있는 안정기(ballast)가 필요하다.

전원부는 인버터에서 필요한 직류 전원을 만들고, 인버터는 필요한 고주파를 발생시키는 부분이다. 전원부는 정류회로와 평활회로로 구성된다. 이 평활 회로에 콘덴서(condenser)만을 쓴 경우 펄스(pulse)성 전류가 흐르므로 역률이 나빠진다. 이 때문에 장시간에 걸친 신뢰성을 확보하기 위해서는 온도 상승을 낮추어야 하며 이러한 목적으로 고효율은 불가피하다.

본 논문에서는 이러한 고역률 및 고효율의 요구를 만족하는 안정한 제어회로를 부가하여 전원부의 효율 및 출력파형을 개선하는 형광등용 전자 안정기를 개발한다.

2. 본 론

2.1. 기술개발목표

가. 개발기술의 개요

1) 용도

본 기술은 에너지 절약형 방전관용 안정기에 관한것으로서, 방전관의 효율을 10% 상승시키고, 수명을 1.5배 연장시키는 에너지 절약형 기술로서 다음과 같은 용도로 사용된다.

- ① 수은등, 나트륨등, 메탈할라이드등 등의 가로등 조명용 안정기 및 특수조명용 안정기
- ② 산업 전반에 걸친 산업용 조명 제어 및 조광용
- ③ 일반 형광등용 안정기 및 조광기
- ④ 특수 의료기기 및 교육용 광학 기자재용
- ⑤ 집단 제어용 조명장치

2) 기능 및 성격

① 에너지 절전 효과

기존의 마그네트식 각종 조명용 안정기는 단순히 램프의 전류를 제한 시켜주는 역할만을 하고 있다. 그러나 전류를 제한시키기 위하여 회로에 직렬로 연결되기 때문에 안정기 자체에서도 전력의 소모가 일어나는데, 무려 램프에 공급되는 전력의 약 15~30%를 단순히 불필요한 발열로 소모하고 있어서 에너지 변환효율이 70~85%밖에 되지 않는다.

본 기술은 에너지 변환 효율이 95%이상 되는 공진형 인버터회로로 램프를 점등시킴으로서 기존의 마그네트형 조명용 안정기에 대체하여 약 10~25%이상의 에너지를 절감한다.

② 고효율 및 방전관 수명연장

입력전원 파형보정회로를 적용하여 입력전압의 변동이나 주위온도의 상승이 있어도 조명램프에는 항상 최적의 일정전력을 공급해 줌으로서 방전관의 발광효율이 10%향상하고, 수명을 150% 이상 연장시킨다.

③ 전자파 장애 및 고조파 장애제거

공진형 인버터를 적용함으로서 전자파의 발산을 최소화 할 수 있고 또한 입력 전원 측에 파형보정회로를 적용하여 고조파 함유율을 10%이내로 최소화한다.

④ 99%이상의 고역율 회로

또한 입력전원 파형보정회로의 작용으로 입력전원 측의 역율을 99%이상으로 향상시킨다.

⑤ 간단한 제어회로

개별 또는 집단 조명제어에 있어서 소신호의 제어회로로서 ON, OFF 및 순차 점멸이 가능하여, 리모콘 또는 소신호 조절장치로 원격 제어시킨다.

2.2. 기술개발의 목적 및 중요성

① 에너지 절감

본 개발 기술에서는 조명용 램프의 전류를 제한 시켜 주기 위하여 사용하고 있는 기존의 마그네트 방식의 조명용 안정기 자체에서 만의 손실이 형광등의 경우 약 30%이고, 가로등으로 사용하는 수은등이나 나트륨등의 경우는 약 15~20%의 에너지를 불필요한 열로 소모하고 있어서 에너지 낭비가 심하다.

또한 이 소모전력은 대부분 약 100°C 이상의 불필요한 열이 발생하여 안정기 및 조명램프의 수명이 단축되는 주요 원인이 되고, 이에 따른 효율저하와 누전 및 화재 등의 원인이 되며 추가적으로 많은 냉방비가 발생하므로 이에 따른 문제점을 보완할 수 있는 에너지 절약형 기술의 개발이 필요하다.

현재 국내에서 사용하는 총 조명전력의 약 20%에 달하는 전력을 절감한다면 국가적 차원에서 적어도 1GW급 원자력 발전소 2~3기는 없어도 되기 때문에 약 2조 원 이상의 발전소 건설비를 절감할 수 있는 엄청난 국가적

인 이익을 가져올 수 있다.

② 램프 및 안정기의 수명연장

4루트방식에 의한 점등회로를 적용한 본 방전등용 안정기는 적용램프의 수명을 1.5배 이상 연장 시켜줌으로서 설치 보수 유지비용을 현저하게 절감시킬 수 있다.

③ 지구 환경의 보호

램프제작 및 노후 램프 폐기 시에 발생하는 수은등의 각종 유해물질이 발생하여 자연환경이 파괴되는 문제점이 따르므로 램프의 수명을 150%이상 연장시킴으로서 유해물질로부터 환경을 보호하고 자원을 절약할 필요성이 있다.

④ 간단한 조광 및 원격 제어회로

개별 또는 집단 조명제이에 있어서 현재의 제어방식은 필요에 따라서 조명의 밝기를 조절하는 조광 기능이 불가능하고 단순히 ON, OFF제어를 하는데도 대 전류의 용량을 ON, OFF 하여야 하기 때문에 대형의 제어함을 설치하여야 하므로 그만큼 설치비용이 많아진다.

그리나 본 제품은 소 신호에 의해 조광 및 ON, OFF 제어가 가능함으로서 리모콘 등의 소 신호로도 ON, OFF 제어 및 순차 점멸이 가능하여 별도의 제어함이 필요 없어서 설치비가 저렴하고 원격제어 감시가 가능한 효과가 있다.

2.3. 기술개발내용 및 범위

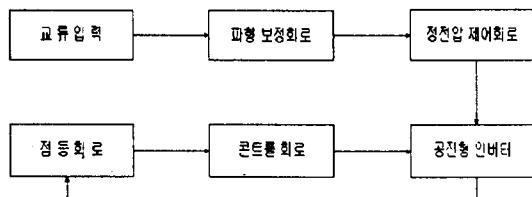


그림 1. 블록나이어그램

본 개발 제품은 그림1의 블록나이어그램과 같이 구성되어 있다.

- ① 파형 보정회로 : 능동형 필터로 구성되어 있으며, 내부에 E.M.I 및 T.H.D 보상회로로 구성되어 있다.
- ② 정전압 제어 회로 : 입력전압이 변동하여도 인버터 회로에 항상 일정한 전압을 공급하여 줌으로서 인버터 회로를 안정시키고, 입력전압을 Free Volt화하였다.
- ③ 공진형 인버터회로 : 직류전압을 고주파 교류전원으로 변환하여 점등회로에 공급한다.
- ④ 점등회로 : 4루트 방식에 의한 점등회로로 구성되어 있으며, 인버트에서 공급된 고주파를 방전관이 점등 및 안정된 발광을 하기 위한 제어 역할을 한다.
- ⑤ 콘트롤 회로 : 방전관의 점등 상태에 따른 변화를 점등회로에서 감지하여 인버터회로를 제어하는 역할을 하며, 내부에는 원격 제어 회로 및 영전압, 영전류 스위칭 회로를 내장하였다.

2.4. 기술개발결과

그림2는 본 개발에 의해 생산된 제품사진으로 30[W] 씨이클라인형과 40[W] 4등용, 100[W] 2등용, 40[W] 2등용 안정기이다.

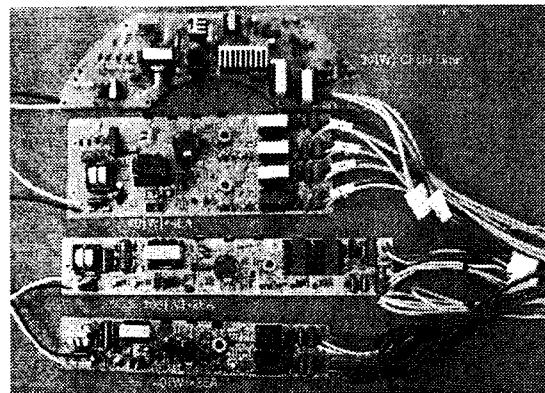


그림 2. 개발 안정기 외형도

다음 표는 100V 40W 2등용 안정기의 기본 특성이다.

구 분	항 목	사 양	비 고
입력전압	프리볼트	100~240V	
사용 주파수	50/60Hz		
입력 역율	99%		
특성	고조파왜율(T.H.D)	10% 미만	
E.M.I	Class B	F.C.C 규정	
광출력 변동율	3% 미만		
출력 전압 과고율	1.5이하		
특성	발광효율	95% 이상	
정격출력오차	3% 이내		
조광기능	10~100%		
일반	램프수명	1.5배 이상	
특성	절연저항	100MΩ 이상	
허용 주위온도	-10°C ~ 50°C		
원격제어	10m 이내		
	사용수명	7년 이상	

고효율 고역률 안정기를 제작하기 위하여 승압형 능동 고역률 보상회로를 사용한 인버터식 형광등용 안정기의 전체 시스템을 그림3에 나타내었다.

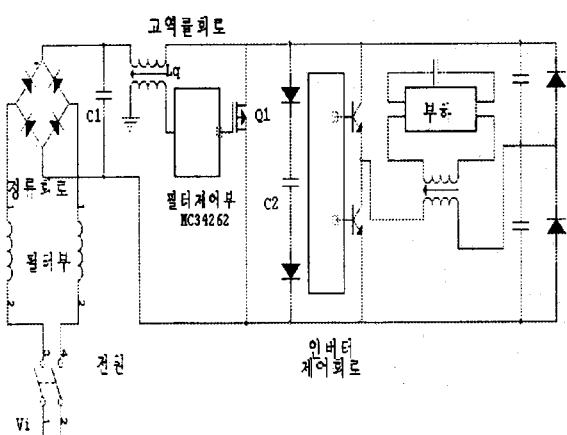


그림 3. 제어 구성도

그림4는 전압전류 특성도이며, 본 개발제품은 IZ 70W로 정격전압이 100[V]일 때 전류가 0.7[A]이다. 약 그림5는 일본품질보증기구인 JQA(Japan Quality Assurance Organization)의 측정 Data로서 기준치 보다 적게 나타

나는 것을 볼 수 있다.

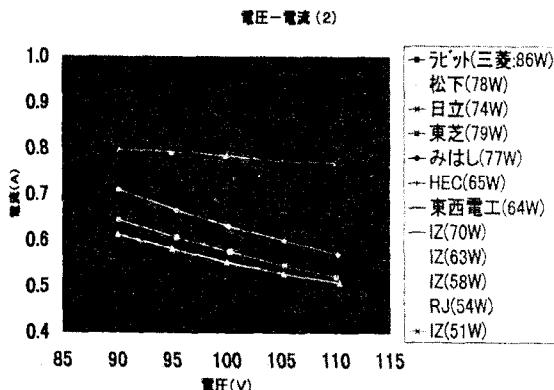


그림 4. V-I 특성도

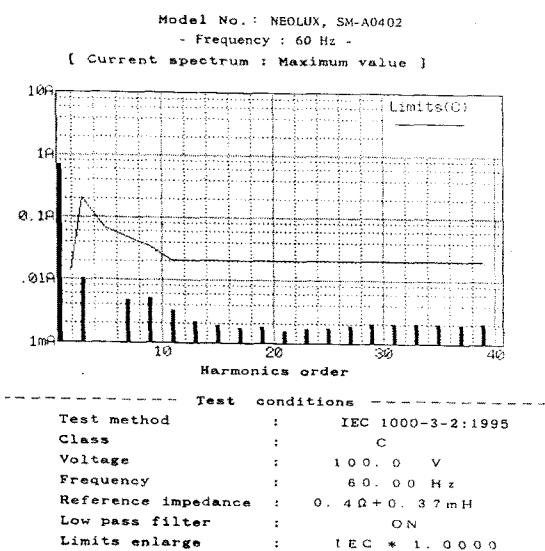


그림 5. JQA측정에 의한 FFT분석 결과

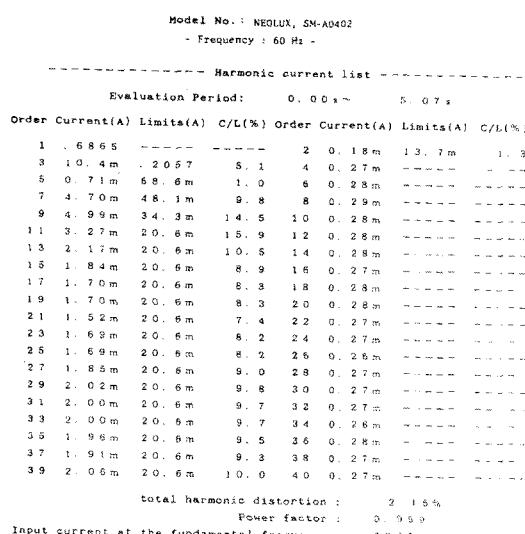


그림 6. JQA 측정표

그림5는 FFT 분석결과이며, 그림6은 일본 통신회사 NTT에서 VCCI 규정에 의해 측정한 EMI Data이다.

테스트 레ポート

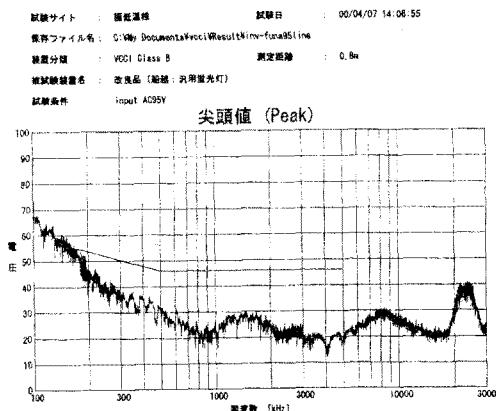


그림 7. EMI 측정 Data

테스트 레ポート

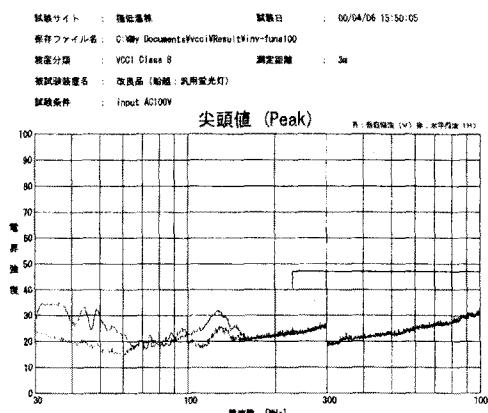


그림 8. EMI 측정 Data

그림7은 100[KHz]~30000[KHz] 범위에서 측정한 결과로 기준치 50[dB μ V/m]보다 30정도 적게 나타났으며, 그림8은 30[MHz]~1000[MHz] 범위에서 측정한 결과로 기준치 40[dB μ V/m]보다 20정도 적게 나타났다.

본 개발 제품의 제 특성은 다음과 같다.

시험항목	시험내용	기준치	실현치
정 격 시 험 (30) 분	정격입력전압	100V/60Hz	100.3V/60Hz
	정격입력전류	0.7 A	0.687 A
	정격입력전력	80 W	68.8 W
	입력 역률	90%이상	99.9 %
	회도	10,000 cd/m ²	9500 cd/m ²
	전경전압의 ±10%	출력변동10%미만	1.2%미하
	일 때 광출력 변동율		
	출력주파수	25 KHz	25 KHz
	실용성가속평가시 험	360시간(80±2°C)	양호

노 이 즈	가정소음	CLASS A	양호
	T.H.D.	17% 미만	1.76%(A)
	E.M.I.	CLASS B 40[dB · MHz]미만	20dB · MHz
램 프	점등전압	500 V이하	430V이하
	저온점등(-5°C)	정상	정상
램 프 정 경	LAMP 전압	103V	105V
	LAMP 전류	0.42A	0.37 A
	LAMP 전력	80W	62.8W
	출력 역률	90%	99.9 %
기 타	전류 파고율	1.7 이하	1.361
	안정기 효율	90%이상	95%135[cd/ m²/W]
	안정기 손실	6W이하	6W

현재 생산할 수 있는 방전관용 안정기에서는 다음의 Date 중에서 한 항목이라도 만족한다면, 비교적 우수한 제품으로 평가를 받는 실정이다.

- 1) 발광효율 : 95%
- 2) 고조파 웨이 (T.H.D) : 2.15 %
- 3) 입력역율 : 99.9%
- 4) EMI : Class B

본 개발 제품은 상기의 모든 항목을 동시에 만족하고 있다. 뿐만 아니라 방전관용 안정기의 일반성능도 고루 만족하고 있으면서도 가격적인 면에서도 매우 저렴하기 때문에 대단히 우수한 제품으로 평가받고 있습니다.

2.5. 활용실적 및 계획

1) 기술의 우수성 인정

본 기술 중 현재 일부 개발되어 있는 부분이 적용된 형광등용 안정기는 탁월한 에너지 절감효과와 낮은 가격으로 인해 현재 일본으로 전량 수출하고 있다.

2) 일본 수출 확장

특히 일본의 후쿠오카현과 일본의 통신회사인 NTT 등으로부터 본 기술의 우수성을 인정받은 이후로 폐사의 일본 총판점인 (주)코세이자판(コーセイジャパン)을 중심으로 동경, 나고야, 오사카, 후쿠오카 지역에 개설되어 있는 대리점을 통한 판매가 늘어나고 있습니다.

3) 국내외의 수출기대효과

또한 2002년까지 이산화탄소 배출량의 제한을 받고 있는 미국, EC연합, 캐나다, 등의 선진국으로부터 많은 상담을 받고 있는 중입니다.

4) 국내 영업망의 확장

국내 대리점을 통한 판매 : 서울, 부산, 대구, 광주, 대전 지역에 대리점 개설 중이다..

2.6. 기술개발에 따른 기대효과

① 산업 전 분야에 사용 가능한 기반 기술 효과

본 기술은 방전관용 안정기 단일 제품에만 국한되는 것이 아니라, 현재도 형광등용 안정기와 수은등용 안정기, 메탈할라이드등 등에 일부 기술이 적용되고 있으며, 조명기기 분야와 전원공급 및 제어장치분야에 광범위하게 적용되는 기반 기술이다.

② 선진국으로의 수출 기대효과

본 기술 중 현재 개발 되어있는 부분이 적용된 일부

제품은 탁월한 에너지 절감 효과와 저렴한 가격으로 인하여 현재도 일본으로 수출하고 있으며, 또한 2002년까지 이산화탄소 배출량의 제한을 받고 있는 미국, EC연합, 캐나다, 등의 선진국으로부터 많은 상담을 받고 있는 중입니다.

③ 내수 및 수출 예상 효과 (단위 : 천원)

구 분	1999	2000	2001
내 수		500,000	1,000,000
수 출	230,000	2,000,000	3,000,000
합 계	230,000	2,500,000	4,000,000

3. 결 론

본 논문에서는 이러한 고역률 및 고효율의 요구를 만족하는 안정한 제어회로를 부가하여 전원부의 효율 및 출력파형을 개선하는 형광등용 전자 안정기를 개발하였다. 제안된 안정기는 기존의 안정기에 비해 간단한 구조를 지니면서 방전등용 안정기로써 우수한 특성을 갖고 있으며, 고주파로 방전등을 구동함으로써 광효율의 증가를 얻을 수 있었고, 보정하기 전에는 상용주파수에서는 약 70[%]의 역률이던 것이 고주파 능동역률을 보정회로를 제안하여 정격 전원 전압에서 20%변할 때도 98[%] 이상의 역률을 유지 할 수 있었다.

출력 전압 파형은 라인전류가 정현파 아주 근접되어 부하가 접속되는 부분은 아주 양호한 정현파가 출력되어 아주 우수한 회로임을 알 수 있었으며, 안정기 및 램프 효율을 개선시켜 전체적으로 약 30[%] 정도의 에너지 절감 효과가 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] SAMSUNG POWER SYSTEM DESIGN TEAM, “공진형 전자식 안정기 설계 사례 및 향후 기술 동향”, 1991.
- [2] L. Genuit, “Maximizing Converter Reliability with a Thyristor High Frequency Resonant Technique”, Proc. Powercon 8, A-3, pp.1~11., 1981
- [3] P. M. Espelage and B. K. Bose, “High-Frequency Link Power Conversion”, IEEE Trans. Ind. Appl. vol IA-13, pp.387~394., 1977.
- [4] R. L. Steigerwald, “High-Frequency Resonant Transistor DC-DC Converters”, IEEE Trans. Ind. Elec., vol.IE-31, No.2, pp.181-191., 1984.
- [5] V. Vorperian and S. Cuk, “A Complete DC Analysis of The Series Resonant converter”, IEEE-PESC Rec., pp.85-100, 1982.