

저압 UV램프 구동시스템 및 출력안정화 시스템에 관한 연구

(A Study on Driving System and Constant Output System for a Low Pressure UV Lamp)

노재엽 · 이진우*

(Jae-Yup No · Chin-Woo Yi)

요 약

본 연구의 목표는 안정된 출력과 높은 효율을 갖는 저압 UV램프의 구동시스템을 설계하는 것이다. UV램프 시스템은 반도체공정, 살균 등 그 적용범위가 대단히 넓은 전력설비의 하나이며 고부가가치의 제품을 생산하기 위해서는 출력의 안정화 기술은 필수적이다.

본 연구에서 저압 UV램프의 구동시스템 설계 목표는 변환효율 90[%], 출력안정도 ± 7.5 [%], 램프출력은 300[W] 이상으로, 연구목표에 상응하는 결과를 얻을 수 있었으며 국내시장 선점에 유리할 것이고, 제품의 생산비를 낮추는 시도를 계속한다면, 수출도 가능할 것으로 예상된다. 또한 추가적인 보호회로가 개발되면, 자외선램프용 전자식 안정기의 신뢰성을 크게 재고시킬 것이다.

Abstract

The target of this research is a design of constant and high efficiency driving system for a low pressure UV lamp. An UV lamp system is one of wide range electrical equipments for semiconductor manufacturing and sterilization, etc... It is essential the technique of constant output for high added value device. A design target of driving system for low pressure UV lamp of conversion efficiency is 90[%], UV lamp of output stability within ± 7.5 [%], and lamp power is over 200[W]. The results meet the target of this study well, and have a benefit of domestic market occupation and enable to export. And if protection circuits were developed, it increases the stability of a electronic ballast for UV lamps

Key Words : low pressure UV lamp driving system, constant output, 300[W]

1. 서 론

UV램프 시스템은 반도체공정, 살균, 식물육성, 화

학처리공정, 프린팅, 환경정화 및 인체의 건강 등 그 적용범위가 대단히 넓은 전력설비 중 하나이다. 그러나 아직 국내의 기술 수준이 낙후되어 대부분 외국의 제품을 수입 또는 모방하여 사용하고 있다.

특히 자외선을 사람이 직접 감지할 수 없기 때문에 관련 제품의 개발이 대단히 곤란하여 고부가가치의 제품을 생산하기 위해서는 출력의 안정화가 필수적이다. 그러므로 본 연구에서 수행하려는 출력이

* 주저자 : 호서대학교 전기정보통신공학부 부교수
Tel : 041-540-5655, Fax : 041-540-5693

E-mail : leeju@office.hoseo.ac.kr

접수일자 : 2005년 10월 21일

1차심사 : 2005년 10월 26일, 2차심사 : 2005년 11월 22일

심사완료 : 2005년 12월 6일

안정화된 고효율 UV램프 구동시스템 설계기술 개발이 필요하다.

현재 우리나라는 산업이 발달함에 따라 UV램프 시스템의 수요가 급격히 늘고 있어, 안정된 UV램프 구동시스템의 개발이 필요하다. 그러나 UV램프는 주위환경과 시간에 따라 출력이 변동하는 특성이 있으므로, 생산품의 품질을 높이기 위해서는 안정된 출력을 유지하도록 할 수 있는 구동시스템 기술의 개발이 선행되어야 한다. 국내의 UV램프 관련 기업이 영세하여 필요한 기술 개발 인력 확보가 곤란하며, 개발비에 대한 부담이 있고, 다수의 업체에 대한 개발 기술의 이전 등을 고려하면, 전력산업 연구개발 사업으로 추진되는 것이 바람직하다.

2. 안정기의 역할

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

- ① 방전개시전압이 점등시의 램프전압보다 높다.
- ② 전류-전압특성이 음특성이다.
- ③ 교류점등시에 높은 재점호전압이 필요하다.

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

- ① 방전등의 시동전압 공급
- ② 램프전류를 제한하기 위한 한류소자로서의 기능
- 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 적

응성 개선

- ⑤ 조광 및 자동점멸제어 기능
- ⑥ 안전성 및 고신뢰성
- ⑦ 전자파잡음 억제 및 저소음 기능
- ⑧ 초기 비용의 절감

특히 자외선램프는 자외선의 파장대역 별로 산업에서 쓰이는 용도가 다르기 때문에 램프에 사용하는 안정기는 램프 지정의 안정기를 사용할 필요가 있다. 물론 같은 정격의 일반 안정기를 사용할 수도 있지만 어떤 경우에는 점등이 되지 않거나 점등이 된다 하더라도 자외선램프의 자외선 출력에도 영향을 미치기 때문에 사용효율이 현저하게 저하한다.

따라서 UV램프의 사용목적에 알맞은 효과를 얻기 위해서는 전용의 안정기가 필요하다.

3. 회로설계

자외선램프는 주로 생산설비에 사용되기 때문에 공급전압의 영향에 둔감한 회로를 사용하여 신뢰도를 증가시키고 제조의 안정성을 제고하는 것이 중요하다.

따라서 별도의 Gate Driver와 controller를 사용하는 타력식 공진회로로 설계하였고 안정기 회로가 구조적으로 지상역률을 가지며 고주파 인버터로 구동하는 경우에도 평활한 직류를 얻으려면 역률이 나빠지는 문제를 해결하기 위하여 입력단에 역률개선용 PFC회로를 구성하였다.

PFC회로는 그림 1과 같이 교류를 및 직류 Link전압의 레귤레이션 특성이 우수한 가변주파수 제어방식의 boost-up 역률보상회로를 구성하였으며 PFC IC L6561을 사용하여 입력단의 전류파형을 전압파형과 같은 동위상의 사인파를 만들어 줌으로서 컨버터가 높은 역률을 가지고 동작하도록 하였다[1].

PFC 회로에 의하여 AC 220[V] 상용전원을 정류하여 DC 링크 전압(400[V])이 얻어지면 MOSFET 스위치 Q1과 Q2는 Driver IC에 의하여 설정된 주파수에 따라 교대로 on과 off를 한다. 스위칭에 사용한 IC는 L6569이다. 자외선램프 구동회로는 그림 2와 같다[2].

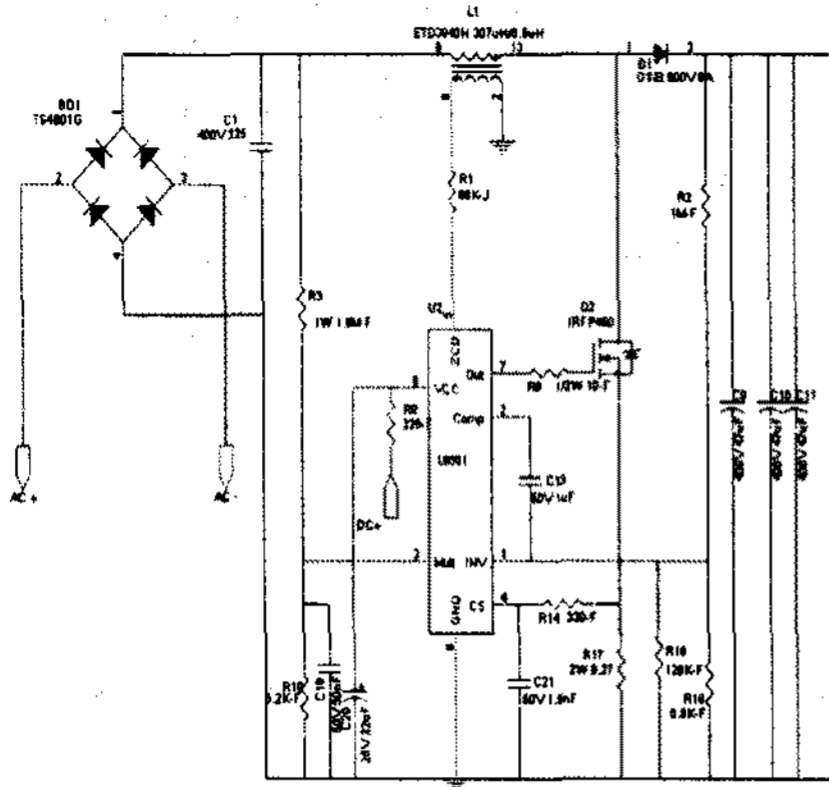


그림 1. PFC 컨버터 회로
Fig. 1. A PFC converter circuit

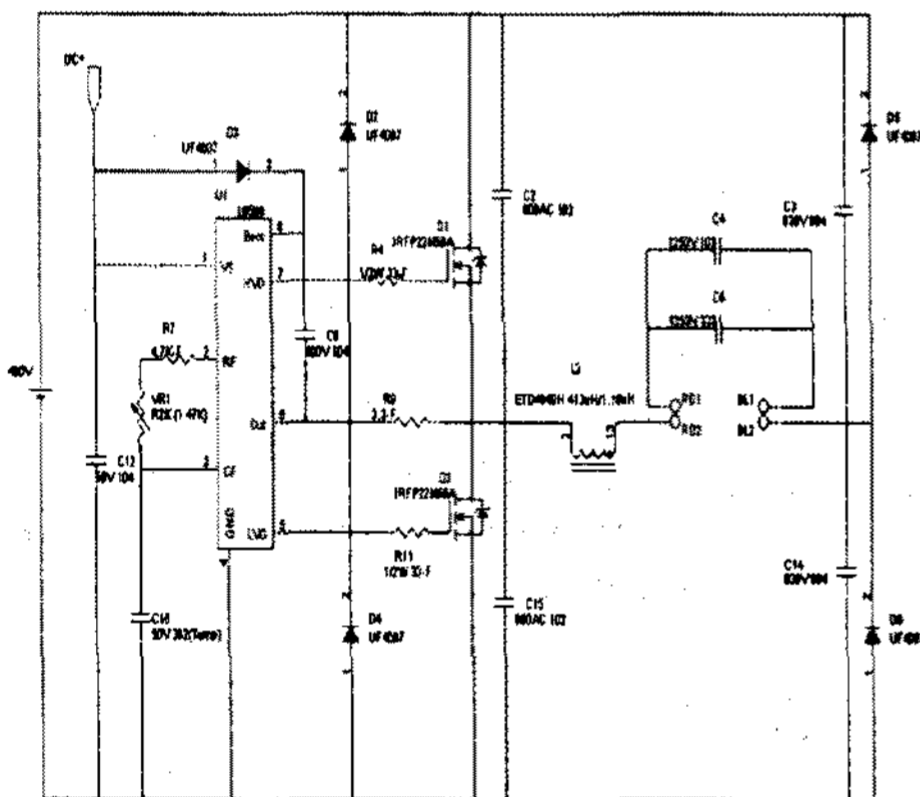


그림 2. 자외선램프의 구동회로
Fig. 2. A driving circuit for UV lamps

MOSFET의 스위칭 주파수는 타력식 공진이므로 L2와 C3와 C14, C4 및 C5로 이루어진 직렬공진 회로의 공진주파수와 같으며, 그 결과 공진탱크에 AC 200[V]의 구형파 전압이 인가되고 L2에 공진전류가 흘러 램프를 공진주파수로 구동시킨다. 이하 편의상 C3와 C14는 Cs로, C4 및 C5는 Cp로 표시한다.

MOSFET 스위치를 비롯하여 L2와 Cp, Cs로 이루어진 공진회로에 의하여 초기시동이 이루어지므로 별도의 트리거 회로는 필요 없다.

초기 시동시 방전램프는 개방상태이므로 공진전류는 L2-Cp-Cs경로로 흐른다. 일반적으로 300[W]급 저압 UV램프는 600[V]에 이르는 고전압을 램프 양단에 인가해야만 방전이 이루어지는데 이를 위하여 램프와 병렬로 Cp를 연결하여 구현하였다.

본 연구에서는 전자식 안정기의 회로상수 선정을 위하여 이론적으로 상수값을 계산하였으며, 그 값은 다음과 같다.

$$L2 = 413[\mu\text{H}]$$

$$Cs = 4.4[\mu\text{F}]$$

$$Cp = 720[\text{nF}]$$

또한 이를 검증하기 위하여 PSpice 프로그램을 사용하여 계산된 상수값을 변경하면서 최적의 소자값을 확인하였으며, 계산된 상수값을 적용하여 실제 저압 자외선램프용 전자식 안정기 시제품을 제작하였다.

PSpice를 이용하여 전자식 안정기 구동회로를 시뮬레이션을 수행한 결과를 그림 3과 그림 4에 나타내었다.

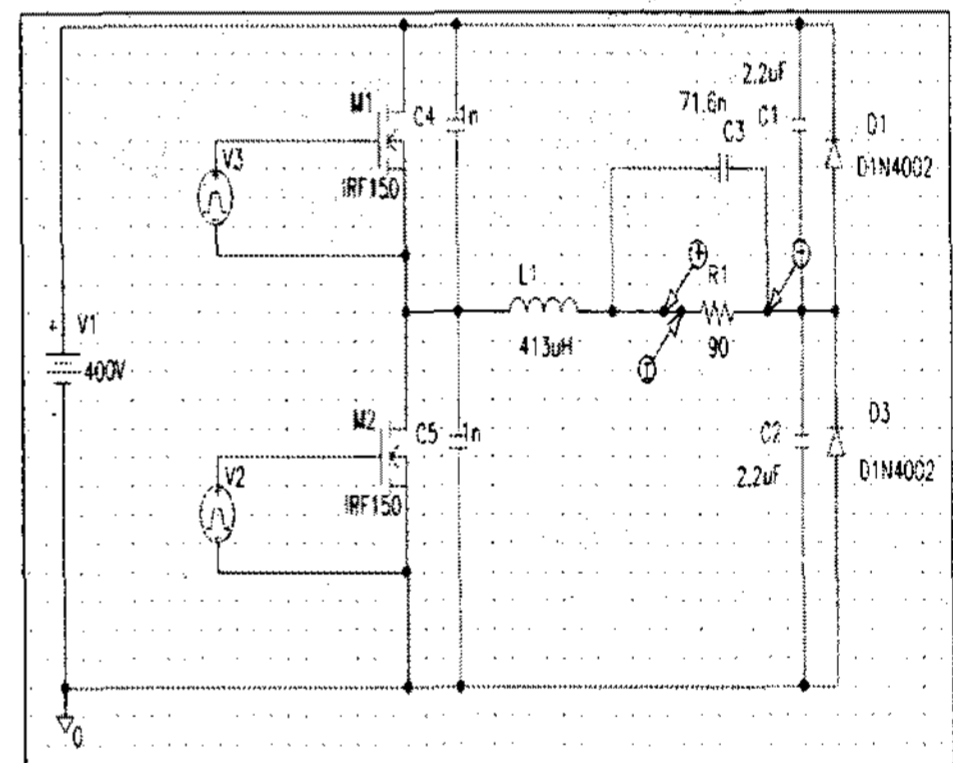


그림 3. PSpice 시뮬레이션 회로
Fig. 3. A PSpice simulation circuit

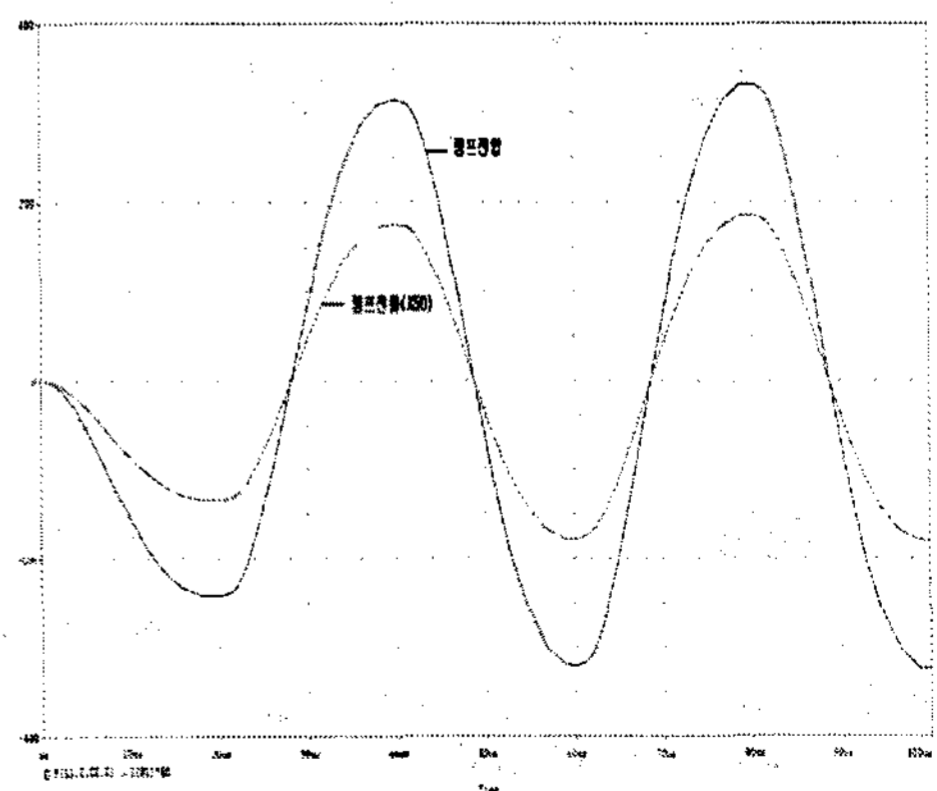


그림 4. 램프전류와 전압의 PSpice 시뮬레이션 결과
Fig. 4. A PSpice result of lamp current and voltage

4. 안정기 제작과 특성 검증

앞에서 선정된 회로정수를 사용하여 300[W] 저압 UV램프용 전자식 안정기를 제작하였다. 그림 5는 제작한 전자식 안정기의 시제품 사진을 보여주고 있으며 그림 6은 시제품 전자식 안정기의 램프전류, 전압파형을 나타낸다.

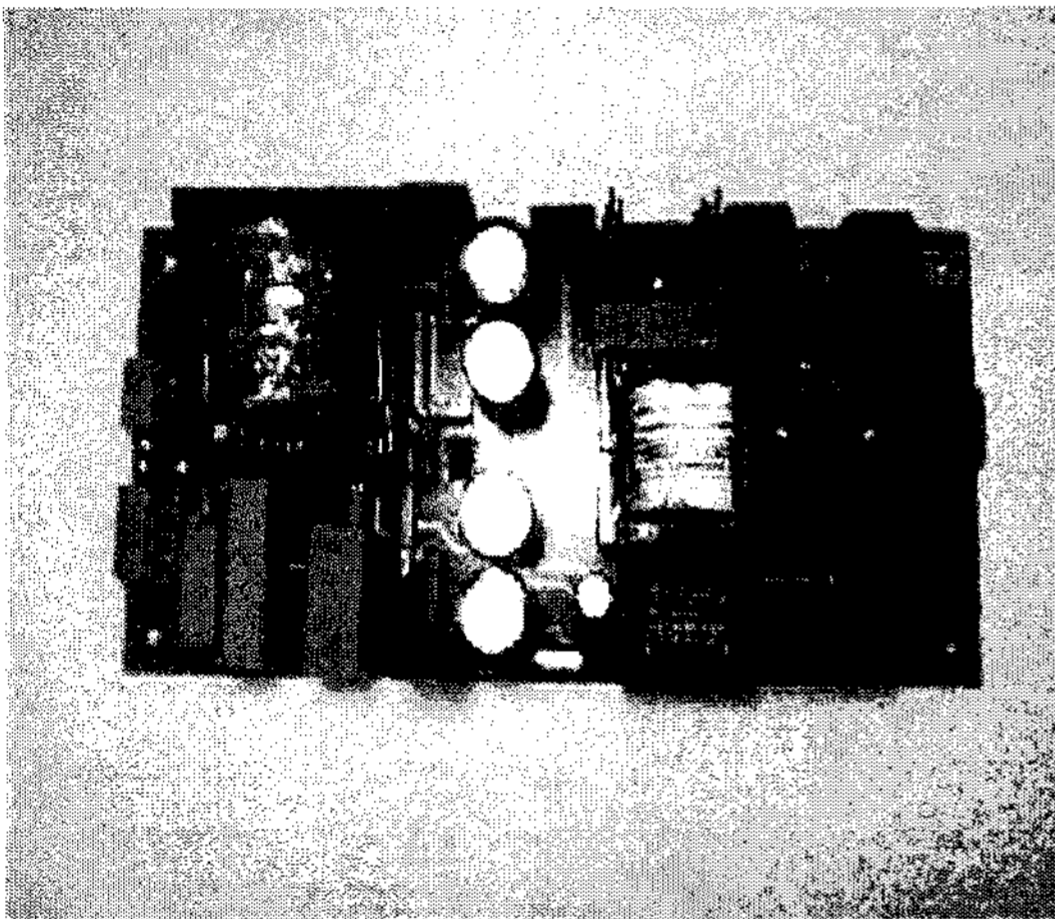


그림 5. 설계, 제작한 전자식 안정기 시제품
Fig. 5. A test sample of electronic ballast

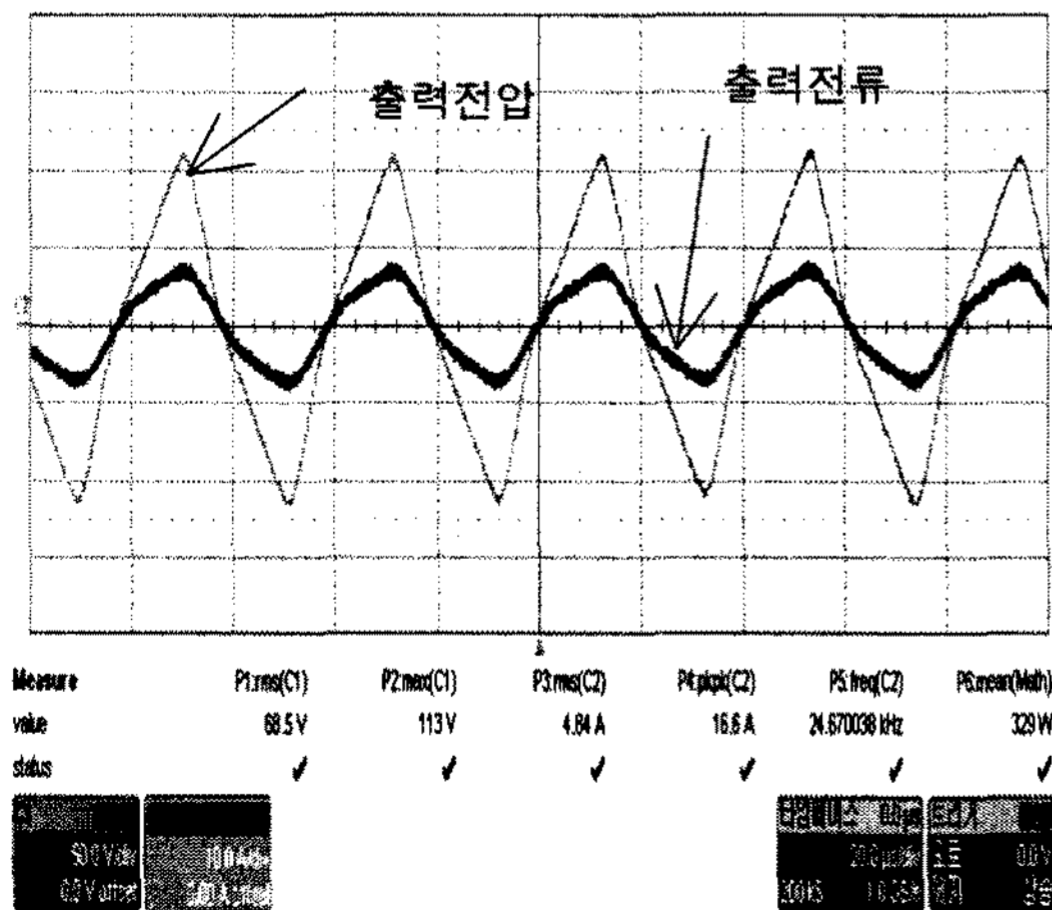


그림 6. 제작된 안정기의 램프전류, 전압파형
Fig. 6. Lamp current and voltage waveform of a test ballast

본 연구의 목표인 외부환경 변화에 대응하는 기능을 부가하여 전원 전압을 $\pm 10\%$ 변화하는 경우에

대하여 자외선 출력의 변화를 살펴보았다.

그 결과 출력 변화는 다음 그림 7과 같이 전원전압 변화에 대하여 일정한 자외선 출력을 유지함을 볼 수 있었으며 본 연구에서 목표로 한 외부환경 변화에 대응하여 일정한 출력을 유지하는 기술개발을 검증할 수 있었다.

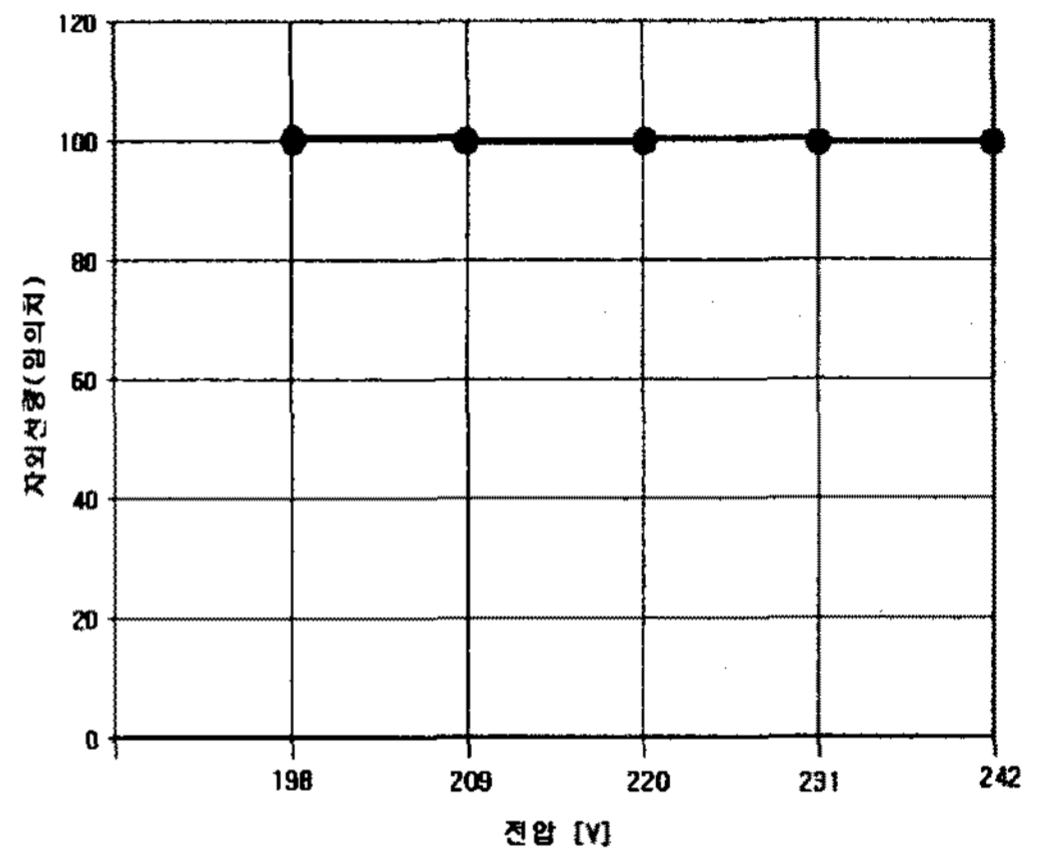


그림 7. 전원전압 변화에 따른 자외선량의 변화
Fig. 7. The variation of UV output for the line voltage variation

5. 결 론

본 연구는 300[W]급 고출력 저압 자외선램프용 전자식 안정기 회로 설계기술을 확보하기 위한 것이었다. 연구목표는 환경변화에 대한 대응력이 높으며, 안정된 출력과 높은 효율을 갖는 UV램프용 전자식 안정기를 제작하기 위한 기술개발이었다. 개발한 전자식 안정기 기술은 정류부에 역률보상 집적회로를 사용하였으며, 인버터 스위칭부에는 신뢰성이 높은 타력식 구동회로를 사용하였다. 또한 공진탱크를 구성하는 방식을 확립하였다. 시작품은 신뢰성이 큰 타력식 하프브리지 방식의 회로를 사용하여 제작하였다.

또한 연구를 통하여 300[W]급 고출력 전자식 안정기를 설계, 구현하였다.

전자식 안정기 분야에서는 본 연구에서 개발한 설계와 제작 기술을 사용하여, 400[W] 이상의 저압 자외선램프용 전자식 안정기의 개발도 가능하리라 사

료된다.

본 연구의 결과는 국내 시장선점에 유리할 것이며, 제품의 생산비를 낮추는 시도를 계속한다면, 수출도 가능할 것으로 예상된다. 또한 부가적인 보호회로가 개발되면, 자외선램프용 전자식 안정기의 신뢰성을 크게 제고시킬 것이다.

앞으로 램프전력이 큰 램프에 적용 가능한 전자식 안정기 설계와 제작기술이 개발되어야 하며, 대출력 전자식 안정기는 다등용 시스템에 적용되어 안정기 설치 공간을 줄일 수 있을 것이며, 중앙 집중감시가 가능하도록 연구가 필요하리라 사료된다.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2003-B-103)주관으로 수행된 과제임.

References

- (1) C. Adragna, "Control Loop Modeling of L6561-based TM PFC", AN1089 Application Note, March 2000.
- (2) G. Calabrese and T. Castagnet, "A New High Voltage IC Driver for Electronic Lamp Ballast", AN880 Application Note, 2003.

◇ 저자소개 ◇

노재엽 (盧載燁)

1970년 9월 17일생. 1996년 2월 호서대학교 전기공학과 졸업. 1998년 2월 호서대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 호서대학교 전기공학과 박사과정. 신성대학 겸임강사.

이진우 (李鎭雨)

1961년 2월 4일생. 1980년 2월 서울대학교 공대 전기공학과 졸업. 1984년 2월 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 2월 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1990년 3월~1994년 2월 (주)세명백트론 연구실장. 1994년 3월~현재 호서대학교 전기정보통신공학부 교수. 본 학회 편수이사.