

Spice해석을 이용한 push-pull inverter방식의 UV램프용 전자식 안정기 개발

(A development of push-pull inverter electronic ballast for UV lamps using Spice Analysis)

조호연* · 권기태 · 김성식 · 이진우

(Ho-yon Cho · Ki-tae Kwon · Seoung-sik Gim · Chin-woo Yi)

호서대학교

요약

본 논문은 Spice해석을 이용하여 push-pull inverter 방식의 전자식 안정기회로를 해석하고 안정기를 설계 제작하였다. Spice 시뮬레이션을 사용함으로써 전자식 안정기의 설계에 있어서 전기적 특성을 예측, 평가 할 수 있었고 이를 바탕으로 145W저압 UV램프용 전자식 안정기를 개발하였다.

1. 서 론

UV램프 시스템은 반도체공정, 살균, 식물 육성, 화학처리공정, 프린팅, 환경정화 및 의료용 등 산업 전반에 걸쳐서 폭 넓게 사용되고 있다. 그러나 아직 국내의 기술 수준이 낙후되어 대부분 외국의 제품을 수입 또는 모방하여 사용하고 있다. 특히 UV램프에 전력을 공급하는 저출력의 전자식 안정기는 국내에서 생산되어 시판되고 있으나 고출력의 안정기는 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 고출력의 UV램프용 전자식 안정기를 설계하고자 한다.

또한 방전등용 전자식 안정기를 설계함에 있어서 전기적 특성을 예측하고 그 특성을 파악하는 것이 중요하다. 특히 근래에는 다양한 시뮬레이션 프로그램이 보급되어 실제 안정기 회로에 대한 실험을 직접 행하지 않더라도 전자식 안정기의 특성을 예측 평가 할 수 있어 회로 구성과 특성 해석에 필요한 시간과 경비를 줄일 수 있다.

본 논문에서는 push-pull 방식의 인버터를 Spice해석을 이용하여 전자식 안정기를 설계 및 개발 하였다.

가 있고 외부에 산화바륨, 산화칼슘 등 전자를 방사하기 쉬운 전자방출물질이 도포되어 있다. 램프 내에는 적당량의 수은과 아르곤가스 또는 기타 불활성 가스와의 혼합가스가 봉입되어 있다.

2개의 전극에 전류를 흘려 예열하고 전극에서 전자를 방출 시키면 수은과 아르곤가스의 페닝 효과에 의하여 방전이 개시 된다. 방전에 의해 관내에 흐르는 전자는 금속원자와 충돌한 후 천이과정에서 공진선이 발생한다. 자외선램프는 자외선 영역의 공진선을 이용하는 것으로 관내에서 발생한 자외선을 자외선투과율이 높은 특수유리 또는 투명석영을 사용하여 효율적으로 램프 외부로 방사시킨다.[1]

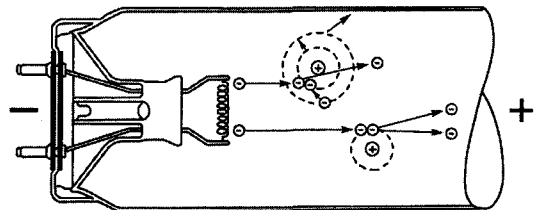


그림 1. 자외선램프의 구조와 발광원리
Fig. 1. A structure and radiation theory of UV Lamp.

2. 본 론

2.1 관계이론

2.1.1 자외선 램프

일반적으로 자외선램프의 자외선 방사강도는 봉입기체의 종류 및 기체 압력 등에 따라 크게 달라지기 때문에 각 산업 분야 특성을 고려하여 자외선을 이용하기 위해서는 그 사용목적에 알맞은 파장대역의 자외선램프가 되도록 설계하여야 한다.

그림 1은 자외선램프의 구조와 발광원리를 나타낸 것으로 유리관은 자외선을 효율적으로 투과시키는 특수한 재질을 사용하거나 석영관을 사용하며 램프 양단에는 텅스텐 필라멘트

2.1.2 안정기의 역할

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

- 방전개시전압이 점등시의 램프전압보다 높다.
- 전류-전압특성이 부(負)특성이다.
- 교류점등시 높은 재점호전압이 필요하다.

이와 같은 방전램프의 특성 때문에, 방전램프의 일종인 자외선램프를 안정하게 점등하기 위해서는 별도의 점등회로, 즉 안정기가 필요하다.

안정기는 다음과 같은 역할을 한다.

- 방전등의 시동전압 공급
- 램프전류를 제한하기 위한 한류소자로서의 기능
- 방전유지를 위한 전압 공급

특히 UV램프는 UV의 과장대역별로 산업에서 쓰이는 용도가 다르기 때문에 램프에 사용하는 안정기는 램프 지정의 안정기를 사용할 필요가 있다. 물론 같은 성격의 일반 안정기를 사용하면 어떤 경우에는 점등이 되지 않거나 점등되더라도 자외선 출력에 영향을 미치기 때문에 사용 효율이 현저히 저하된다.

따라서 UV램프는 사용목적에 알맞은 효과를 얻기 위해서는 전용의 안정기가 필요하다.

2.2 전자식 안정기 회로설계

UV램프는 주로 생산 설비에 사용되기 때문에 공급전압의 영향에 둔감한 회로를 사용하여 신뢰도를 증가시키고 제조의 안정성을 제고하는 것이 중요하다

따라서 본 논문에서는 푸시풀 방식의 인버터를 이용한 전자식 안정기를 그림 2와 같이 설계하였다. 푸시풀 방식의 인버터 회로는 비교적 변환 효율이 높고 구성이 간단하며 안정적으로 동작하고, 램프 점등에 필요한 2차 전압을 비교적 쉽게 얻을 수 있어 UV램프용 안정기에 종종 사용된다.

먼저 입력전원을 직류전압으로 변환하고 안정된 직류전압을 푸시풀 방식의 인버터 회로에 인가한다. 또한 현재 대부분의 안정기에서 사용되고 있는 수동형 역률 보상회로를 추가하였다. 푸시풀 방식의 인버터는 2개의 스위칭 소자를 이용하여 직류전원을 고주파 교류로 변환시켜준다. 변환된 고주파 교류전압은 누설이 있는 절연형 트랜스포머를 사용하여 램프 점등에 필요한 2차 전압을 발생한다. 누설이 있는 절연형 트랜스포머는 램프점등 후에 램프의 전류를 제한하는 역할을 한다. 본 논문에서는 전자식 안정기의 회로 정수 값을 등가화 모델을 바탕으로 이론적으로 계산 하였다.[2][3]

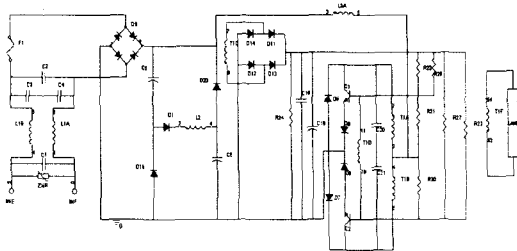


그림 2. UV램프의 구동회로
Fig. 2. A driving circuit for UV lamps

2.3 Pspice를 이용한 시뮬레이션 및 결과

현재 사용되는 여러 종류의 시뮬레이션 프로그램 중 많이 사용되어지는 것 중 하나는 Cadence사의 PSpice로서 이를 이용한 그림 2의 UV램프의 구동회로를 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션 회로는 그림 3과 같이 등가화 할 수 있다.

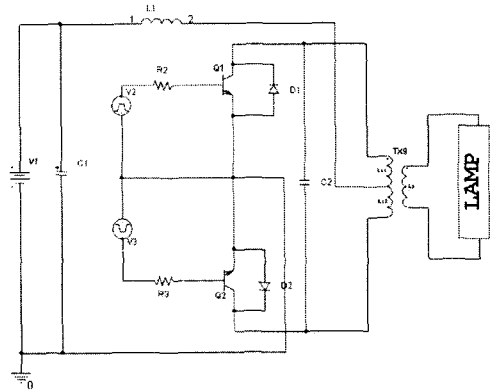


그림 3. PSpice 시뮬레이션회로
Fig. 3. PSpice simulation circuit

그림 4는 각각 PSpice시뮬레이션을 통하여 램프에 인가되는 전압과 전류 파형을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 램프 측에 전달되는 2차 전압은 사인파에 가까운 고주파 교류전압 전류가 인가됨을 알 수 있다.

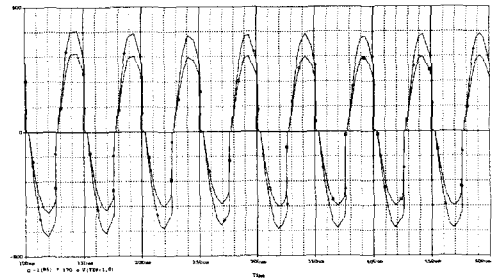


그림 4. 시뮬레이션에 의한 램프의 전압 및 전류파형
Fig. 4. A simulated output voltage and current waveforms of a lamp

2.4 안정기의 제작과 특성 검증

앞에서 설계한 회로를 바탕으로 필립스사의 145[W]저압 UV램프(TUV64T5HO 4P-SE) 2등용 전자식 안정기를 제작하였다. 그림 5는 제작한 전자식 안정기의 시제품 사진을 보여주고 있으며 그림 6은 시제품 전자식 안정기의 램프 전류, 전압파형을 나타낸다.

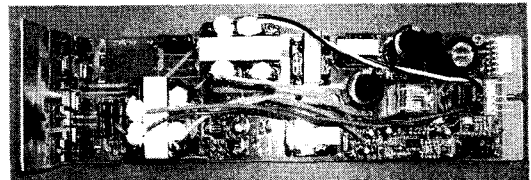


그림 5. 설계, 제작한 전자식 안정기 시제품
Fig. 5. A test sample of electronic ballast

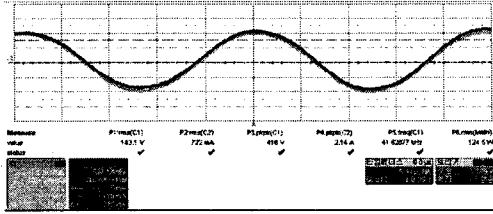


그림 5. 제작된 안정기의 램프전류, 전압파형
 Fig. 5. Lamp current and voltage waveforms of a test ballast

램프에 인가되는 전압과 전류는 시뮬레이션에서 얻은 결과와 매우 유사한 것을 알 수 있다. 또한 설계, 제작한 전자식 안정기 시제품의 전기적 특성은 표 1과 같다.

표 1. 전기적 특성
 table 1. Electronic characteristics

항목		단위	특성
입력 특성	전압	V	220
	주파수	Hz	60
	전류	A	1.6
	전력	W	320
출력 특성	역률	%	94
	전압	V	135
	전류	mA	900
	전류 파고율		1.9
	동작 주파수	kHz	46
	플리커 현상		NO
	최저사용온도	℃	-10
	무부하전력	W	0.5 이하
	보호기능		YES
	소음	dB	30 이하
	내 전압		1.5kV 10mA 1분
	EMI		Class A

3. 결론

본 논문에서는 푸시풀방식 인버터를 사용한 UV 램프용 전자식 안정기를 시뮬레이션을 통하여 특성을 예측, 평가하고 시뮬레이션 결과를 바탕으로 안정기를 설계하였다. 시뮬레이션 방법을 사용함으로써 설계에 필요한 시간과 경비를 줄일 수 있었다.

설계한 전자식 안정기는 비교적 우수한 전기적 특성을 나타냈으며 개발된 안정기는 수입에 의존하고 있는 전자식 안정기를 대체 할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- (1) 노재엽, "RF통신기능을 부가한 고효율 저압 UV램프용 전자식 안정기 설계", 호서대학교 대학원, 박사학위 논문, p9, 2005

- (2) 노재엽, "RF통신기능을 부가한 고효율 저압 UV램프용 전자식 안정기 설계", 호서대학교 대학원, 박사학위 논문, p24, 2005
 (3) Mor Mordechai Peretz and Sam Ben-Yaakov, "The self-adjusting current-fed push-pull parallel resonant inverter as a high frequency AC bus driver" HAIT Journal of Science and Engineering B, Volume 2, 2005