

**특집 : 전력전자의 조명기술에의 응용**

# 무전극 플라즈마 램프 구동용 인버터 회로

정 윤 철\*, 최 준 식\*, 정 용 채\*\*  
 (\*LG전자 DA연구소 책임연구원, \*\*남서울대 교수)

## 1. 서론

최근 들어 주로 큰 용량의 조명시스템에 사용되는 PLS(Plasma Lighting System)에 대한 연구가 활발히 진행되어 국내에서도 여러 제품이 출시되고 있다<sup>1,6</sup>. 대부분의 조명용 램프는 필라멘트나 전극을 통해서 발광이 되지만 PLS는 마이크로웨이브를 이용한 무전극(Electrodeless) 램프를 사용한다. 이것은 그림 1과 같이 직경이 15~40(mm)의 작은 구형 램프로서 램프 내부에 돌출된 도체 전극이 없기 때문에 기존의 전극 램프에 비해 전극에 의한 수명단축이 없고 고온의 전극과의 반응성 때문에 조명용으로 사용하지 못하던 새로운 봉입물을 사용할 수 있으므로 고효율과 높은 연색성을 가지는 장점이 있다.

PLS는 크게 전원부와 마이크로웨이브 시스템 그리고 무전극 램프를 포함하는 광학부로 이루어진다. 전원부는 고압발생 장치와 마그네트론으로 이루어져있으며, 마이크로웨이브 시스템은 도파관과 공진기로 구성되어 마그네트론에서 발전된 웨이브를 무전극 램프에 전달한다. 광학부는 무전극 램프와 미러로 이루어져있으며, 공진기 내부에 위치한 무전극 램프는 비퍼가스와 가시광을 발생시키는 봉입물로 채워져 있다.

최적의 광효율을 얻으려면 PLS의 각 부분을 최적화 하여야 한다. 본 고에서는 마이크로웨이브 시스템과 광학부가 최적화 되었다는 가정 하에 PLS에 적용할 수 있는 여러 가지 방식의 전원회로에 대해서 알아보려고 한다.

## 2. PLS 구동용 인버터 시스템

PLS 구동용 인버터 시스템은 그림 2와 같이 구성되는데 입력 전원부는 보통 역률제어회로가 포함된 회로를 적용한다. 그래서 본 고에서는 비교 검토하려는 인버터 회로의 입력은

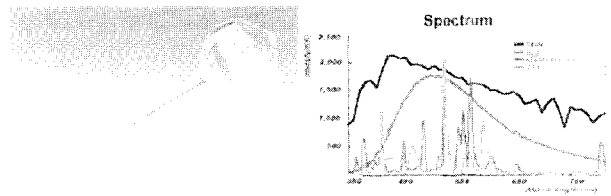


그림 1 무전극 램프와 광 스펙트럼의 비교

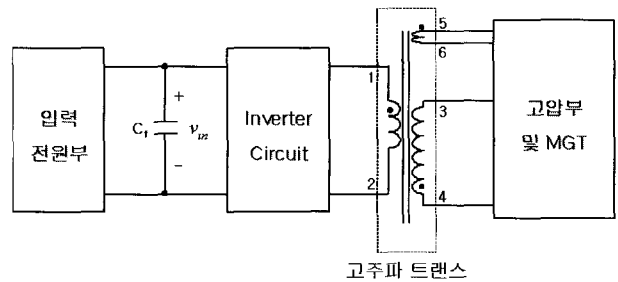


그림 2 PLS 구동용 인버터 시스템

잘 제어가 되는 직류전압이라고 설정한다.

고주파 트랜스의 이차측인 고압부는 경우에 따라서 여러 가지 방식을 적용할 수 있는데 보통 배전압 정류방식과 전파 정류방식을 사용한다.

## 3. HVT 적용방식

가장 먼저 검토해볼 수 있는 회로는 일반 전자레인지에 적용되는 방식인 60(Hz)용 HVT(High Voltage Transformer)를 사용하는 방식이다. 그림 3과 같이 매우 간단한 회로방식을 가지고 있으면 입력단의 릴레이(RY)를 이용하여 온/오프

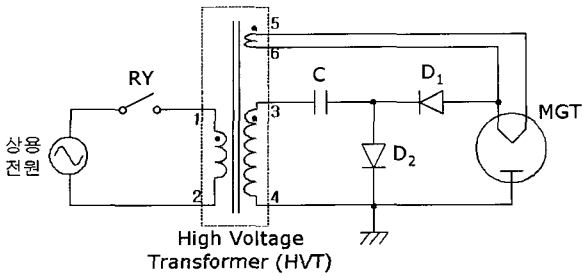


그림 3 HVT 적용방식

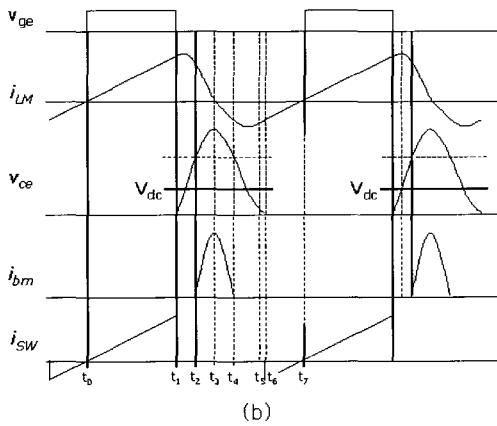
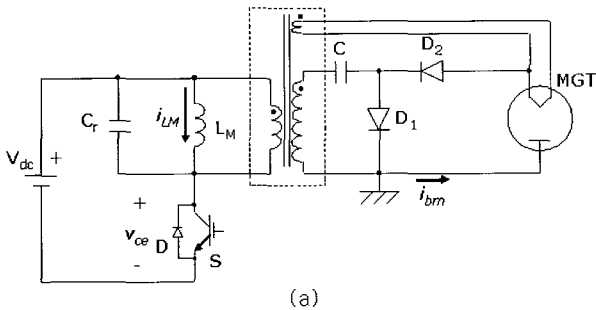


그림 4 E급 공진형 인버터와 동작파형

제어를 할 수 있다.

하지만 이 방식은 입력전압 변동에 따라서 광량도 변한다는 단점과 경우에 따라서는 플리커 현상이 발생하는 단점이 있다. 게다가 60(Hz)용 HVT를 사용하므로 크기가 크고 무게가 무거운 문제가 있다.

#### 4. E급 공진형 인버터

가장 간단한 인버터 회로로 그림 4와 같이 E급 공진형 인버터를 들 수 있다. 이 회로는 스위치를 하나만 사용하므로 회

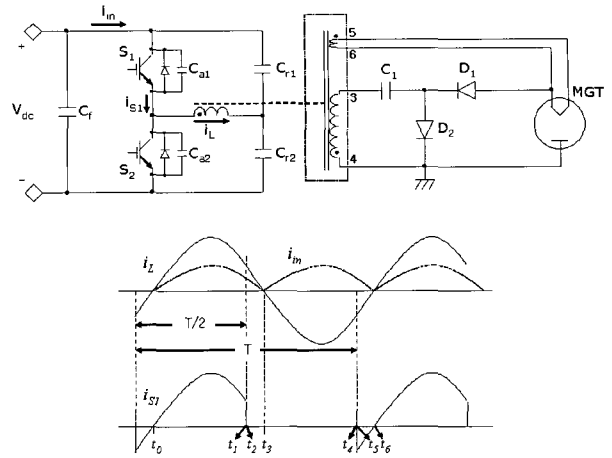


그림 5 직렬 공진형 하프 브리지 인버터 및 동작파형

로구성이 간단한 장점이 있지만 스위치 양단의 전압이 공진에 의해서 커지기 때문에 1200[V]나 1500[V]의 높은 전압 정격의 소자를 사용해야 한다. 또한, PLS의 동작에 최적의 조건을 찾기 위해서 다양한 형태로 펄스폭을 가변하려면 그때마다 트랜스포머를 다시 설계해야하는 문제가 있어서 개발기간이 상당히 길어질 수 있다.

#### 5. 직렬 공진형 Half Bridge 인버터

그림 5와 같은 직렬 공진형 하프 브리지 인버터회로는 두 개의 스위치를 사용하지만 상당히 간단하게 주변회로를 구성할 수 있다. 이는 최근에 하프 브리지 구동 IC들이 많이 개발되어 쉽게 적용할 수 있기 때문이다.

그림 5와 같이 직렬 공진형 동작을 하면 손실도 최소로 할 수 있으며 E급 공진형 인버터보다는 좀 더 큰 출력의 조명시스템에 적용할 수 있다.

이 회로는 직렬공진을 이용하기 때문에 출력에 따라서 동작 주파수가 가변된다. 보통 회로의 공진주파수보다 동작주파수를 높게 해야 영전압 스위칭을 할 수 있어 일반적으로 동작주파수를 공진주파수보다 높게 사용한다.

이 회로를 PLS와 같은 조명시스템에 적용하는데 있어서 가장 큰 단점은 이 회로의 특성상 듀티가 50(%)로 제한된다는 것이다. 따라서 듀티를 가변해 주어야 할 경우에는 사용하기가 어려운 방식이다.

#### 6. Semi Bridge 인버터

마그네트론과 램프의 조합에 따라서 펄스형 구동이 광효율을 높이는데 도움이 되는 경우가 있다. 이러한 경우에 적용할

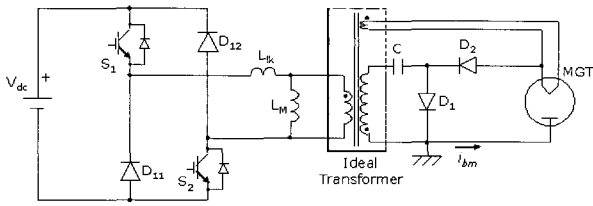


그림 6 Forward 방식의 Semi Bridge 인버터

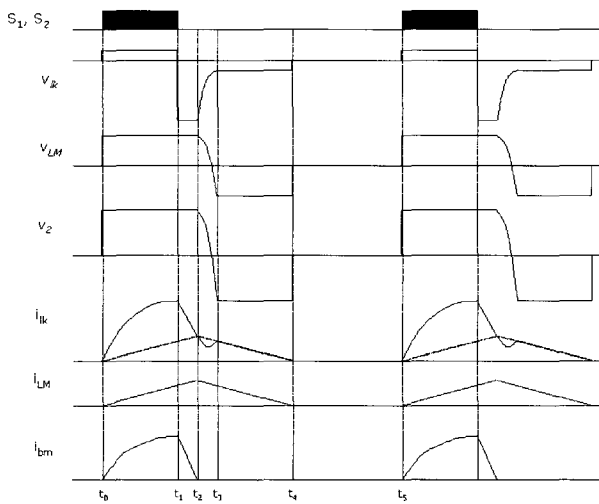


그림 7 Forward 방식의 Semi Bridge 인버터 동작파형

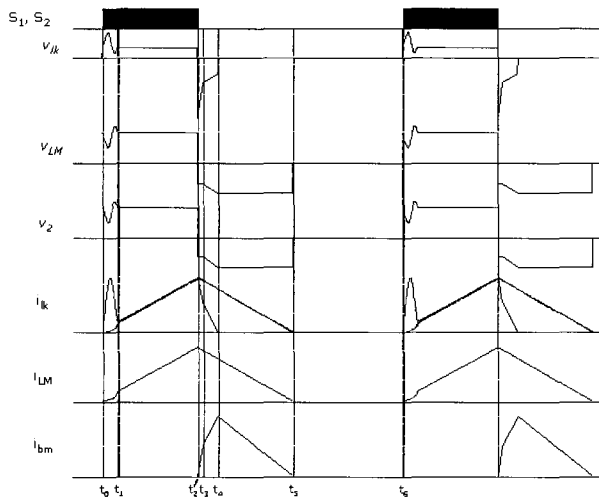


그림 8 Flyback 방식의 Semi Bridge 인버터 동작파형

수 있는 방식으로 그림 6과 같은 Semi Bridge 인버터가 있다. 이 회로는 고주파 트랜스포머의 권선방향에 따라서

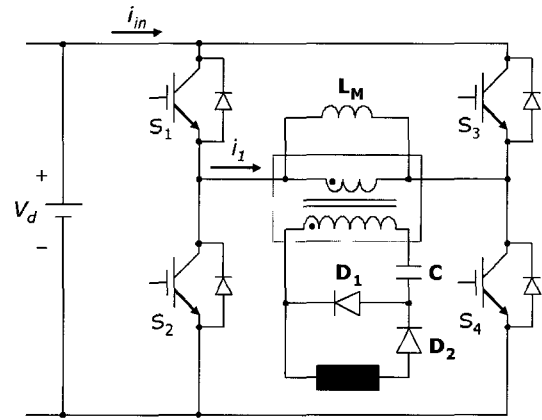


그림 9 Full Bridge 인버터 회로

Flyback 방식과 Forward 방식으로 나뉜다. 그림 6은 Forward 방식의 Semi Bridge 인버터이고 이 회로의 동작파형은 그림 7과 같고 Flyback 방식인 경우의 동작파형은 그림 8과 같다.

이 회로를 이용하면 대략 50(%) 이하의 듀티를 가지는 펄스파형을 만들 수 있는데 하드 스위칭을 하기 때문에 스위칭 손실이 크다는 단점이 있다.

동작파형을 보면 두 스위치가 동시에 온/오프를 하기 때문에 간단하게 제어회로를 구성할 수 있다. 또한 스위치가 온되어 있는 시간동안 마그네트론 쪽으로 전류가 흐르므로 듀티 제어를 하기도 매우 간단한 장점을 가진다.

### 7. Full Bridge 인버터

좀 더 큰 용량으로 펄스형 인버터회로를 구성한다면 선택할 수 있는 회로가 그림 9와 같은 풀 브리지 인버터 회로이다. 이 회로는 네 개의 스위치를 가지지만 위상제어를 통해서 원하는 듀티의 펄스폭을 만들 수 있다는 장점이 있는 회로이다. 하지만 이 회로는 재료비도 많이 들지만 주변회로 설계도 상당히 복잡한 단점이 있다. 게다가 PLS 구동방식이 단방향이기 때문에 양방향 펄스를 만들 필요는 없어 현재 풀 브리지 인버터는 적용회로로 고려하고 있지 않다.

### 8. 맺음 말

본 고에서는 무전극 조명시스템에 적용되는 인버터 회로에 대해서 간단한 동작설명을 하고 특징을 비교 하였다. 기존에 전자레인지에 적용되는 HVT 방식을 비롯하여 풀 브리지 회로까지 간단하게 검토해 보았다. 이러한 회로들 중 현재 적용되는 대표적인 인버터 회로는 직렬 공진형 Half Bridge 인버

터와 Forward방식의 Semi Bridge 인버터인데 이를 비교하여 광효율을 측정한 결과 Forward Semi Bridge 인버터가 직렬 공진형 Half Bridge 인버터보다 광속을 약 10% 향상시킬 수 있었다. 이는 인버터의 스위칭 손실에 의한 광속의 향상보다 전원부와 마그네트론의 매칭으로 더 많은 광속을 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

앞으로도 이러한 연구가 계속 되어야 하며 인버터부의 손실을 최소화 할 수 있는 다양한 인버터 회로와 제어방법에 대한 활발한 연구가 이루어지리라 예측된다. ■

### 참 고 문 헌

- [1] Wharmby, D. O., "Electrodeless Lamps for Lighting : A Review," IEE Proceedings A, Vol. 140, No. 6, November 1993.
- [2] 정봉만, 한수빈, 정학근, "신 조명기술", 제16회 에너지 절약기술 Workshop 논문집, pp. 409-416, 2001.
- [3] 김진중, 홍성호, 김정원, "초고주파 방전 광원 기술", 제16회 에너지절약기술 Workshop 논문집, pp. 427-433, 2001.
- [4] 황명근, 이세현, 조미령, 신상욱, 허현수, 배영진, "마이크로웨이브를 이용한 무전극 플라즈마 램프의 구성과 기술 동향", 제18회 에너지절약기술 Workshop 논문집, pp. 427-433, 2003.
- [5] 배영진, "무전극 램프의 상용화 기술", 대한전기학회 전기의 세계, 제51권, 제1호, pp. 20-23, 2002.
- [6] <http://www.lge.co.kr/product/life/lightning.jsp?id=U054>

## < 저 자 소 개 >



### 정윤철(鄭潤澈)

1963년 1월 15일생. 1986년 연세대 의용공학과 졸업. 1990년~현재 LG전자 디지털어플라이언스연구소 리빙시스템그룹 책임연구원.



### 최준식(崔峻植)

1961년 8월 26일생. 1984년 고려대 전기공학과 졸업. 1984년~현재 LG전자 디지털어플라이언스연구소 리빙시스템그룹 책임연구원.



### 정용채(鄭龍采)

1966년 2월 28일생. 1989년 한양대 전자공학과 졸업. 1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1995년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학). 1995년~1999년 LG전자 홈어플라이언스연구소 선임연구원. 1999년~현재 남서울대 전자정보통신공학부 조교수. 당 학회 편집위원.