

고압 UV 램프 20KW급 전자식 안정기의 출력 특성에 관한 연구

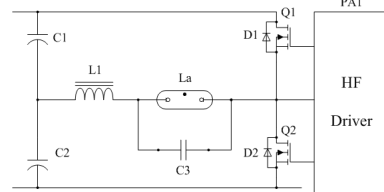
황락훈, 나승권, 강소민, 김화수, **이춘상**, 원명희, 원상희
 세명대학교, 한국폴리텍III대학, 세명백트론

A Study on the Output Characteristic of High-Voltage UV Lamp 20KW Electronic Ballast

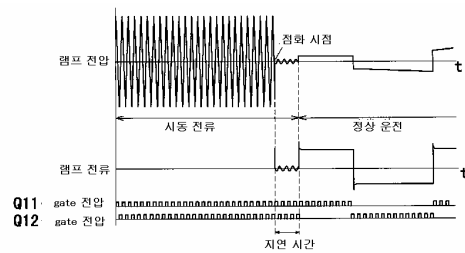
Lark-Hoon Hwang, Sung-kwon Na, So-Min Kang, Hwa-Soo Kim, Chun-sang Lee, Myung-Hee Won, Sang-Hee Won
 SeMyoung University, Korea PolytechnicIII College, Seimyoung Vacatron Co.

Abstract - 기존의 전자식 안정기 특히 펄스로 시동되는 HID램프용의 안정기에서는 부가적인 시동회로가 필요하게 된다. 하지만 램프 제조업자에 의해 규정된 점화 펄스폭은 제조업자 간에서도 다양하며, 대단히 높게 되어 있으며 그 펄스폭에는 최소 필요한 값이 있고 이것은 통상 1.5~2.5us정도이다. 이와 같은 시동 펄스폭의 조건을 만족하기 위해서는 시동회로 또한 복잡해지고 제작비용도 고가가 된다. 본 연구는 전력소모가 20[%]이상 절감되면서도 광량이 더 많이 방사되는 메탈헬라이드 램프를 UV경화 시스템 즉, LCD, PDP OLED 모듈조립, 평면, 곡면 스크린 인쇄용, 코팅용, 실험용 UV경화 및 UV노광 시스템 등에 사용 가능한 전자식 안정기를 고주파 시동의 이점을 유지해 가면서 지연 시간에 기인하는 램프의 꺼짐 및 대순환 전류의 문제를 해소하고 고압 대용량 램프를 구동할 수 있는 20KW급 전자식 안정기를 제안하여 22KW UV LAMP를 사용하여 전자식 안정기를 구동 실험으로 검증하였다.

정 제어가 가능하게 되지만 이 안정기들은 정상상태의 운전에 들어 갈 때 램프가 쉽게 꺼지는 문제점이 있다.



〈그림 1〉 하프 브리지 회로도



〈그림 2〉 하프 브리지 전압, 전류 파형

1. 서 론

기존의 HID(High Intensity Discharge) 램프용 안정기는 크게 자기식과 전자식 안정기로 구분된다. 자기식 안정기는 인덕터와 커패시터를 사용하여 그 부피가 커짐은 물론 중량이 무거워 설치에 제약 조건이 많고 효율이 나쁜 단점을 가지고 있다. 그에 반해 전자식 안정기는 짧은 글로우 구간을 가지므로 램프의 수명을 연장시키며 전력을 제어하므로 빛의 색이 지속적으로 안정하게 된다. 또한 에너지 절감의 경제적 효과와 자기식 안정기에 비해 소형화 경량화가 가능하며 가청 노이즈 및 플리커 현상을 제거할 수 있고 효율 및 역률을 개선시킬 수 있다. 하지만 아직까지 국내에서는 형광등용 전자식 안정기는 많이 개발되고 있으나 고압 방전등용 전자식 안정기는 초보단계에 있다고 볼 수 있다. 또한 종래의 전자식 안정기 특히, 펄스로 시동되는 HID램프용의 안정기에서는 부가적인 시동회로가 필요하지만 램프 제조업자에 의해 규정된 점화 펄스폭은 제조업자 간에서도 다양하며 대단히 높게 되어 있으며 그 펄스폭에는 최소 필요한 값이 있고 이것은 통상 1.5~2.5us정도로 동작 된다. 이와 같은 시동 펄스폭의 조건을 만족하기 위해서는 시동회로 또한 복잡해지고 제작비용도 고가가 된다.[1][2][3]

운전모드가 시동 운전으로부터 정상 운전으로 전환 될 때, 그림 2에 표시한 바와 같이 검지회로의 펄터회로로 기인하는 지연 시간이 생긴다. 이 지연 시간이 글로우부터 아크로 이행 중에 방전의 불안정의 원인이 되어 램프가 쉽게 꺼지게 되는데 램프가 충분히 냉각되지 않았을 때 자주 발생된다. 또한, 그림 1 회로 구성에서는 전력 제어 단 및 인버터 단은 하프 브리지 구성 결합되어 있다. 따라서 전력 제어 단은 출력 인버터와 결합되고 그 전력 회로가 정상 운전으로 향하고 불연속 전류 모드로 동작하므로 음향 공명이 발생하는 것으로 된다. 이 음향 공명을 방지하기 위해서는 램프와 병렬의 커패시터 및 출력 인덕터가 충분한 펄터를 사용하여 램프 전류의 고주파 성분을 최소로 되게 억제할 필요가 있다. 이 때문에 커패시터의 용량을 1/10[uF]정도의 크기로 하지 않으면 안 된다. 하지만 이와 같이 커패시터의 용량이 크고 인덕터 값이 작으면 고주파 시동 운전 중에 큰 순환 전류가 회로에 흐르게 된다.

본 연구는 전력소모가 20[%]이상 절감되면서도 광량이 더 많이 방사되는 메탈헬라이드 램프를 UV경화 시스템 즉, LCD, PDP OLED 모듈조립, 평면, 곡면 스크린 인쇄용, 코팅용, 실험용 UV경화 및 UV노광 시스템 등에 사용 가능한 전자식 안정기를 고주파 시동의 이점을 유지해 가면서, 지연 시간에 기인하는 램프의 꺼짐 및 대순환 전류의 문제를 해소하고, 기존 전자식 안정기에 비해 높은 효율과 역률을 향상시켜 자기식 안정기에 비해 연간 20~30%의 에너지 절감 효과 가능한 소비 전력을 최소화 한 고압, 대용량 램프를 구동할 수 있는 20KW급 전자식 안정기를 제안하고 실험하여 그 출력 특성을 고찰한다.



〈그림 3〉 제안된 전자식 안정기의 블록도

2. 본 론

2.1 기존의 전자식 안정기

기존의 전자식 안정기는 고주파 공진 점화 기술이 적용된 하프 브리지 방식과 풀 브리지 방식으로 구분되며 램프에 기동에 따라 방식이 적용된다. 그림1, 2는 하프 브리지 전자식 안정기의 회로도라 고주파 시동용 제어 신호 및 저주파 구동용 제어 신호는 표시한 그림이다. 그림 1에 표시한 전자식 안정기는, 커패시터 C1, C2, Q1, Q2, 인덕터 L1, 커패시터 C1, 램프 La 및 HF driver PA1로 구성되었다. 이러한 전자식 안정기는 그림2처럼 고주파 시동운전 및 저주파 정상 운영으로 램프를 구동하는 것으로 전자식 안정기가 고주파 시동 모드로 동작하면, duty cycle 50%의 고주파 구형파가, 램프를 점화할 인덕터 및 커패시터에 의해 형성되는 공진 회로를 가해지고, 램프 점화 검출 후, 스위칭모드가 저주파 정상운전으로 절체되는 구성으로 되어 있다. 불평형 duty cycle 운전 제어에 의하면 안정기의 출력 전류를 일정한 스위칭 주파수로 안

2.2 제안된 전자식 안정기

20KW급 고압 UV램프 점등용 전자식 안정기는 램프 구동 주파수를 방전관내의 공명주파수 대역으로 단상 인버터와 리액터의 결합으로 구현 할 수 있으며 이와 같은 목적으로 설계한 전자식 안정기는 하프 브리지 구성으로 설계 하였다. 설계된 전자식 안정기의 주요 회로는 그림 3에 블록도로 나타내었다. 컨버터 회로 및 역률 개선 정류기를 사용하고 하프 브리지 인버터 회로, EMI 필터, 점등용 리액터 그리고 회로의 제어는 DSP TMS 320 CPU를 사용하고 피지이론을 근거로 한 제어 시스템 및 검출에 대한 모든 제어 요소를 프로그래밍 하여 처리할 수 있는

회로 등으로 구성되었다.

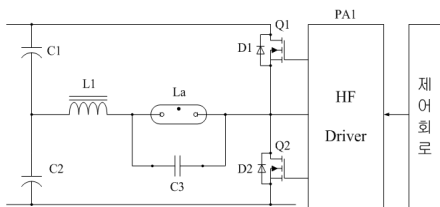
그림 4는 본 실험에 사용된 풀 브리지 구성의 전자식 안정기를 표시한 개략적인 회로도도를 표시하고 그림 5는 제안된 전자식 안정기의 의해 구동되는 램프의 전압, 전류 파형을 나타낸다. 그림 4에 표시한 하프 브리지 구성의 전자식 안정기에서는 인덕터 L1은 제한 인덕터이고, 또 공진 인덕터이기도 하며 캐패시터 C3은 공진 커패시터이며 스위치 Q1, Q1은 다이오드 D1, D2가 있는 파워 스위치로 구성되어 있다.

이와 같이 구성된 본 전자식 안정기는, 전류 loop 및 전압 loop의 2개의 제어 loop를 가지고 있고, 고주파 램프 시동 모드 및 저주파 출력 동작 모드의 2가지 동작 모드로 동작한다. 이러한 고주파 램프 시동 모드 및 저주파 출력 동작 모드는 이런 양 모드로 공통적으로 사용되는 그림 5에 표시한 제어 회로의 제어 신호와 램프 전류가 흐르기 시작하는 시점에서 특성이 급격하게 변하는 인덕터 L1, 캐패시터 C3 및 램프 La로 구성된 부하 공진 회로에 의해 자동적으로 절환되는 구성으로 되어 있다.

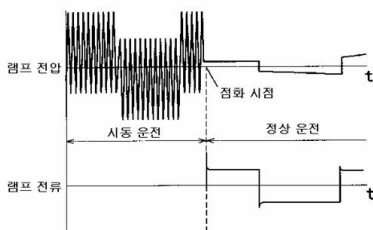
2.2.1 저주파 출력 동작 모드

스위치 Q1, 다이오드 D1 및 인덕터 L1은 감압초과 회로를 형성한다. 인덕터 L1의 전류는 연속되고, 출력 전류는 전류 loop에 의해 제어된다. 따라서 스위치 Q1이 ON되면 인덕터 L1 a 및 램프 La에는, 그림이 생략된 직류 대용량 전원으로부터 에너지가 공급된다.

스위치 Q1이 OFF되면, 다이오드 D1이 ON이 되고, 인덕터 L1에 전류가 계속 흐르고, 인덕터 L1의 에너지가 램프 La에 방출된다. 스위치 Q1, 및 다이오드 D2의 직류 chopping 중은, 인덕터 L1의 전류가 한 쪽으로 계속 흐르고 램프 La의 전류가 대단히 낮은 리플 직류 전류가 된다. 인덕터 L1의 전류가 대단히 낮은 고주파 리플을 가지므로 음향 공명을 방지하고, 램프 La에 흐르는 고주파 리플 전류를 제거하도록 램프 La와 병렬의 캐패시터 C3 및 출력 인덕터 L1에 의해 형성되는 2차 Filter를 사용할 필요가 있다. 이 경우, 램프 La와 병렬의 캐패시터 C3의 용량은 램프 점화에 따라 결정 가능하게 된다. 즉, 회로의 순환 전류를 가능한 한 낮게 하고 램프 La를 점화하는 데에 충분히 높은 전압 진폭을 얻는 것이 가능하게 된다. 인덕터 L1의 전류가 연속하여 흐르므로, 스위치 Q1이 OFF되면 스위치 Q2가 ON인 상태인가 OFF 상태인가에 관계없이, 인덕터 L1의 전류가 다이오드 D2를 통해서 흐르도록 하는 것에 유의하는 것이 중요하게 된다. 이것이, 그림 5에 표시한 바와 같이, 스위치 Q1, Q2가 번갈아 ON/OFF되는 이유가 된다. 똑 같이, 스위치 Q2 및 다이오드 D2의 직류 chopping의 경우와는 반대 방향으로 연속하여 흐른다. 이와 같이 램프 La를 구동하는 저주파의 구형파 전류가 얻어진다. 전류 loop는 인덕터 L1의 전류를 기준 전류로 하여 램프 전류가 제어된다. 인덕터 L1을 흐르는 전류의 주파수 및 진폭은 기준 전류에 의해 결정된다. 또 전압 loop는 램프 전압을 검출하여 공진 전류의 진폭을 제어한다. 이러한 이유로 램프 전력이 제어되는 것이 된다.



〈그림 4〉 제안된 하프 브리지 전자식 안정기



〈그림 5〉 제안된 하프 브리지 전자식 안정기 램프 전압, 전류 파형

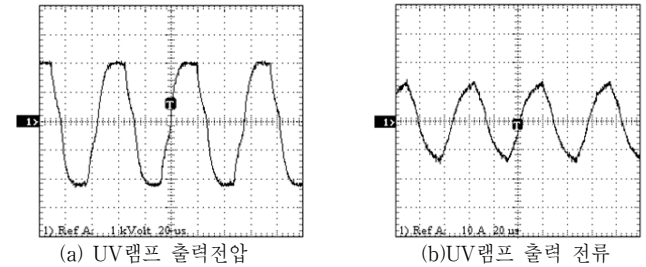
2.2.2 고주파 출력 동작 모드

고주파 출력 동작 모드에서 스위치 Q1, Q1이 번갈아 ON/OFF하며, 다이오드 D1, D1은 공진 회로에 대해서 무효 전류 path를 제공한다. 저순환 전류 tank에 대해서는 인덕터 L1의 고 임피던스 값 및 캐패시터 C3의 저용량 값 때문에 그 tank의 출력 임피던스가 높게 된다. 램프 La가 방전을 개시하면 램프 임피던스가 낮은 값으로 급강하하고 회로의 Q 값도 낮은 값으로 급강하한다. Tank의 출력 임피던스가 램프 La를 구동하는 데에는 지나치게 높기 때문에 램프 La는 글로우부터 아크로 이

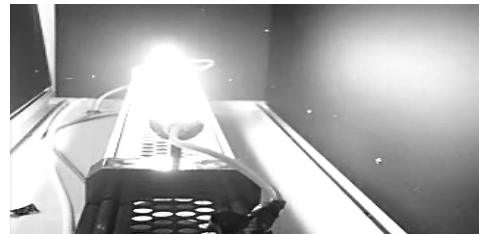
행되지 않고 꺼져 버린다. 출력 임피던스를 저감하여 램프 La를 글로우부터 아크로 이행시키기 위해 저주파 와인을 탱크로 추가할 필요가 있다. 고주파, 고전압이 회로의 공진으로 발생하고, 공진 회로의 Q가 높으므로 (약14²0), Duty cycle을 50% 정도로 유지할 필요가 없게 된다. 고주파 램프 시동 모드에서는 스위치 Q1의 duty cycle DM1은 구형 파형의 저주파 출력에 의해 변조 즉 PWM제어를 하게 된다. 스위치 Q2의 duty cycle DM2에 대해서도 동일하지만 duty cycle DM1, DM2는 DM1=1-DM2의 관계가 있다. 스위치 Q1, Q2의 duty cycle이 변조되므로, 램프 La와 병렬의 캐패시터 C3의 전압은 증가 duty cycle DM1과 생략된 그림의 직류 대용량 전원의 전압에 의해 진폭이 결정되는 저주파 전압과 고주파 전압으로 이루어진다. 램프 La와 병렬의 캐패시터 C3의 저주파 전압이, 램프 La가 점화될 때 그 램프 La를 구동하는 저주파 에너지를 공급한다. 이와 같이, 램프 La는 고주파로 시도하고 계속해서 저주파로 자동적으로 이행 가능하게 된다. 램프 전류가 set up되면 전류 loop에 의해 램프 전류가 기준 전류 파형에 쫓아 램프 전류가 제어된다. 또, 본 전자식 안정기는, 고주파 모드로부터 저주파 출력 동작 모드로 원활하게 이행하고 그림5의 파형과 같이 지연 시간이 생기지 않게 된다.

3. 실험 결과

제안된 전자식 안정기를 사용하여 22KW UV LAMP를 구동 점등하였을 때 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.



〈그림 6〉 램프의 전압 전류 파형



〈그림 7〉 22KW UV램프의 점등 상태

그림 6에 전압, 전류파형은 거의 동상에서 램프 전압은 1700V, 전류는 9.2A, 구동 주파수는 18KHz이다. 그림 7는 제안된 전자식 안정기를 가지고 실제 22KW UV램프의 점등 상태는 나타내었다.

3. 결 론

본 실험은 전자식 안정기의 동작 상태를 고주파 시동의 이점을 유지하면서 지연 시간으로 기인하는 램프의 꺼짐과 대순환 전류의 문제를 해소하는 것이 가능하게 되며, 제어요소를 모두 프로그램화하여 크기와 무게 등 제작비용을 최소화하여 저렴하고 간단한 회로를 구성하여 HID 램프를 점화 구동하는 것이 가능하게 되었다. 광량과 음향 공명 상태 등은 계속 실험 중에 있으며 제반조건에 대한 실험은 차후에 발표 할 예정이다.

[참 고 문 헌]

[1] Michael Gulko and Sam Ben-Yaakov, "A MHE Electronic Ballast for automotive-Type HID Lamp" 1997 IEEE, 00.39-45
 [2] Hans-Juergen Faehnrich and Erhard Rasc. "Electronic Ballast For Metal Halide Lamps." Journal of the Illuminating Engineering Society, Summer 1988, pp.131-140.
 [3] 김수경, 장우진 "메탈할라이드램프용 순시점등/재점등 전자식안정기 개발" 2004년 조명·전기설비학회논문지 제18권, 제5호, pp. 9-15