

# 2-단계 HID 램프용 전자식 안정기의 디지털 제어

이우철  
국립 한경대학교

## Digital Control of Two-Stage Electronic ballast for HID Lamps

Woo cheol Lee  
Hankyong National University

### ABSTRACT

The conventional Three-Stage electronic ballast is stable, but Two-Stage electronic ballast has been researching because of efficiency. Three-Stage electronic ballast is consisted of PFC circuit, buck converter, and inverter circuit, but Two-stage is consisted of PFC circuit, Buck-Inverter full bridge circuit. The Buck-Inverter full bridge inverter consists of two half bridge inverters for low frequency switching, and high frequency switching. In the case of street lamp it is far from a lamp to a ballast, the conventional pulsed high voltage ignitor can not turn on the HID lamps because of reduction of ignition voltage. Therefore, it needs to do the research on a resonant ignition to turn on the HID lamps. Therefore, in the Two-Stage electronic ballast which has the resonant tank for ignition, the transient resonant current because of low frequency changing is analyzed, the novel algorithm is proposed to resuce the transient current.

### 1. 서 론

메탈 할라이드 방전(MHD: Metal Halide Discharge) 램프는 점광원으로서 조명제어가 용이하고, 광효율이 높고, 수명이 길며, 연색성이 우수하여 대규모 공간의 조명이 필요한 공공시설, 상업시설, 스포츠 시설뿐 만아니라 백화점, 쇼핑몰, 전시장 등에서 폭넓게 이용되고 있다. 고압 방전등인 메탈할라이드 램프용 전자식 안정기는 간단한 고주파 공진형 하프브리지 구성의 형광등용 전자식 안정기와는 달리 램프를 고주파로 구동할 경우 음향공명현상이 발생하므로 저주파 구동을 하여야 하고 이를 위해서는 복잡한 회로 구성이 필요하여 제품 가격을 낮추기 힘들고 효율을 높이기 힘든 문제가 있어 보급에 어려움이 있다. 따라서 저주파 구동 방식에서 3단 구성 회로를 2단 구성 회로로 단순화 하여 고효율 및 고 신뢰성 제품에 대한 연구가 필요하다.[1]-[4] 효율향상을 위하여 2단 구성 회로는 저주파 스위칭을 위한 하프 브릿지부와 고주파 스위칭을 위한 하프 브릿지부가 결합된 풀 브릿지 구조를 갖고 있다. 안정기와 램프 사이의 배선 길이가 길어지면 그 사이에 커패시턴스 성분이 늘어나므로 펄스 구동시 진폭 감쇄로 인해 램프가 점등하기 위한 최소 전압 유지가 용이하지 않다. 그러나 공진 기동형은 펄스 기동형에 비해 낮은 전압으로 점등을 할 수가 있고, 거리에 따른 전압 감쇄가 펄스 기동형에 비하여 작아 원활한 기동을 할 수가 있다. 공진 기동 기능을 내장한 Two-Stage 전자식 안정기의 경우, 램프는

점등 후, 저주파수로 동작하여 극성 변환 시 버크용 LC, 공진용 LC에 의하여 공진으로 인한 과도 전류가 발생하게 된다. 이와 같은 과도 전류는 스위치의 파손, 램프의 수명이 줄어드는 등의 문제가 발생하게 되어 안정성에 문제가 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 마이크로 프로세서를 채용한 펄스 제어 방식의 디지털 안정기를 설계, 제작한다. 디지털 안정기는 Full-bridge LC 공진 인버터, 마이크로프로세서 및 회로구동용 Buck 전원부로 구성된다. 제안된 방식의 타당성은 시뮬레이션 및 실험결과로 증명된다 [5]-[7]

### 2. 시스템 구성

#### 2.1 안정기 구성

	3단 구성	2단 구성
도플로지		
구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PFC (Power Factor Correction) 컨버터</li> <li>- 전류/전력을 일정하게 제어하기 위한 강압형 벅 (Buck) 컨버터</li> <li>- 저주파 구동파를 만드는 풀 브릿지 인버터 (고압발생 이그니터 포함)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 회로와 동일한 PFC 컨버터</li> <li>- 벅 컨버터와 풀 브릿지 인버터를 하나로 통합한 인버터 &amp; 벅 기능의 컨버터</li> </ul>
장단점	외부 igniter의 펄스는 공진 점등에 비해 고전압을 사용한다. (5kV) 펄스 점등 시 램프와 안정기 사이가 멀어질수록 전압의 감쇄가 일어난다.	3단 구성에 비해 원가 절감 효과. 공진에 의한 점등은 펄스에 의한 점등에 비해 상대적으로 낮은 전압이 요구. (3kV) 공진 점등 시 램프와 안정기 사이가 멀어도 펄스 점등에 비해 전압의 감쇄가 없다.

그림 1. 3-stage 안정기와 2-stage 안정기 비교

Fig 1. Comparison of the 3-stage and 2-stage ballast.

그림 1은 3단 구성의 안정기를 보여 주며 PFC(Power Factor Correction) 컨버터, 전류/전력을 일정하게 제어하기 위한 강압형 벅 컨버터, 저주파 구동파를 만드는 풀 브릿지 인버터와 고압 발생 이그니터로 구성된다. 외부 이그니터의 펄스는 공진 점등에 비해 고전압을 사용한다. 또한 펄스 점등시 램프와 안정기 사이가 멀어질수록 전압의 감쇄가 일어난다. 그림 1(b)는 2단 구성의 안정기를 보여주며 본 연구에서 사용된 구조로 기존회로와 동일한 PFC 회로, 벅 컨버터와 풀브릿지 인버터를 하나로 통합한 인버터 & 벅 기능의 컨버터로 구성되어 있으며 공진을 이용한 내부 이그니터를 사용한다. 이는 3단 구성에 비해 원가 절감 효과가 있으며, 공진에 의한 점등은 펄스에 의한 점등에 비해 상대적으로 낮은 전압이 요구되며, 공진 점등시 램프와 안정기 사이가 멀어도 펄스 점등에 비해 전압의 감쇄가 거의 없다. 램프를 점등하기 위하여 인버터 내부 LC의 공진을 이용하여 램프의 점등에 필요한 고전압을 발생시킨다.

## 2.2 2단 구성 안정기의 동작 원리

안정기의 구성은 상용 220V를 PFC를 거쳐 승압한 전압을 입력전압으로 이용하고 반도체 스위치 MOSFET 4개와 정상상태용 벡컨버터 L,C 점화용 공진 L,C 탱크로 되어 있다. 기존의 점화기는 외부 펄스 점등 방식(5kV 필요)을 이용하였지만 제안하는 안정기는 내부 L,C의 공진(3kV 필요)을 이용하여 좀 더 효율적인 점화 방식을 이용하였다. 공진기동시의 스위칭 방식은 Q1, Q4와 Q2, Q3를 서로 상호 교번적으로 스위칭하여 고주파수에서 천천히 SWEEP하여 점화시 필요한 고전압을 얻는다. 램프가 점등되고 정상상태에 이르면 저주파 점등방식의 스위칭 방식을 이용하였다. 램프 점등 후 정상상태에서 안정기는 Q1, Q2는 170Hz의 저주파 스위칭을 하고 Q3, Q4는 70~90kHz의 고주파 스위칭을 한다. 그림2(a)는 정상 상태에서 저주파수 high에서 low로 극성이 변환할 때의 동작 원리이다.

## 2.3 펄스 제어 방식의 과전류 제어

기존의 제어 방식은 데드타임 구간이 지나고 저주파 스위칭이 변하면서 인덕터의 전류가 충전되고, 충전된 전류가 초기 값으로 되어 공진이 진행되기 때문에 공진 회로가 형성되기 전에 초기 전류를 최대한 감소시켜서 제어하는 방식을 제안하였다. 기존 방식과 동일하게 구동하면서 데드 타임 구간 후에 Q1, Q4스위치를 Turn-on 하는 구간을 u-프로세서를 이용하여 Q4스위치 게이트 신호를 블로킹하여 제거하였다. 그로 인해 공진 회로를 구성하는 과정에서 초기 값을 거의 제로 상태로 하여서 공진을 시켜 과전류가 현저히 줄어드는 것을 확인하였다. 회로 동작에 대한 이해를 돕고자 스위치의 On/Off에 따른 주요 전류, 전압 형태 파형 형태를 그림 2, 그림 3에 표시하였다. 그림 4는 음의 주기일 때 파형을 보여주는 것으로 그림 2와 그림 3의 설명과 동일하다.

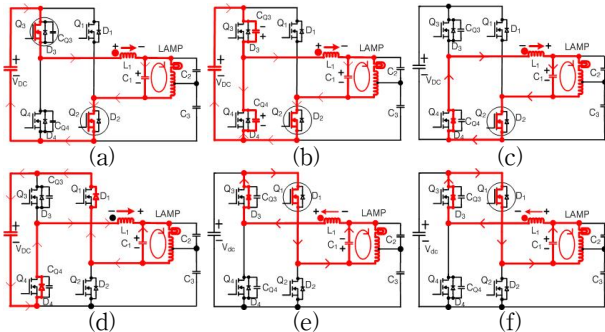


그림 2. 제안된 스위칭 동작 원리(모드 I)

(a) (t0,t1) Q2, Q3 턴온 상태 (b) (t1,t2) CQ3 충전 상태 (c) (t2,t3) Freewheeling 상태 (d) (t3,t4) 데드타임 상태 (e) (t4,t5) 공진상태 I (f) (t5,t6) 공진상태 II

Fig 2. Proposed switching operation method (Mode I)

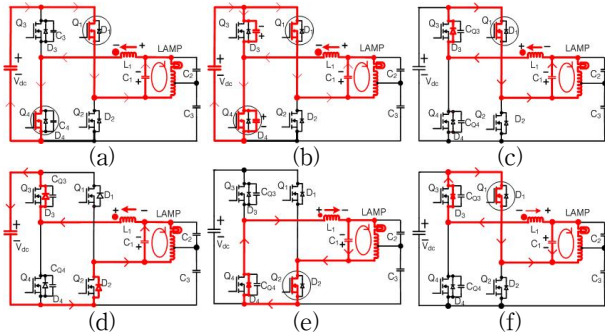
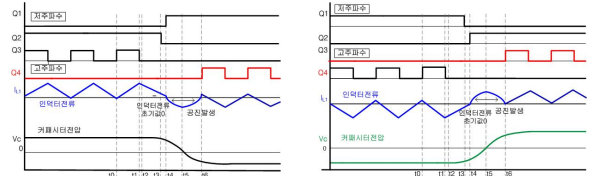


그림 3. 제안된 스위칭 동작 원리(모드 II)

(a) (t0,t1) Q1, Q4 턴온 상태 (b) (t1,t2) CQ4 충전 상태 (c) (t2,t3) Freewheeling 상태 (d) (t3,t4) 데드타임 상태 (e) (t4,t5) 공진상태 I (g) (t5,t6) 공진상태 II

Fig 3. Proposed switching operation method (Mode II)



(a) 모드 I (b) 모드 II

그림 4. 제안된 인버터 스위칭 동작 그래프

Fig 4. Proposed inverter switching graph

## 3. 결론

본 논문에서는 내부 공진기동 기능을 갖춘 Two-Stage 전자식 안정기의 과도전류 제어에 관한 알고리즘을 제안하였다. 기존의 Three-Stage와는 달리 벡 컨버터와 인버터부가 결합이 되어 있고, 효율향상을 위하여 저주파 스위칭을 위한 하프 브릿지부와 고주파 스위칭을 위한 하프 브릿지부가 결합된 풀 브릿지 구조를 갖고, 공진기동을 위한 공진 탱크부가 존재하게 됨에 따라 저주파 절체시 공진으로 인한 과도 전류가 발생하게 된다. 제안한 디지털 안정기의 제어 방식은 정상 상태에서 저주파 구형파 램프의 극성 변화 시 나타나는 과전류를 고주파 게이트의 파형을 억제하여 공진발생을 최소화 함으로써 과도 전류를 최대한 감소 시켰다. 그로 인해 소자들에 발생되었던 전류 스트레스를 현저히 감소 시켜 회로의 안정성을 높였다.

중소기업청의 산학연 공동기술 개발지원사업 결과물임

## 참고 문헌

- [1] M. Shen, Z. Qian and F. Z. Peng, "A novel two-stage acousticsresonance free electronic ballast for HID lamps," Conf. Rec.IEEE-IAS Annu. Meeting, 2002, pp. 1869-1874.
- [2] T. J. Liang, C. M. Huang and J. F. Chen, "Two-stage High-Power-Factor Electronic Ballast for Metal-Halide Lamps," IEEE Trans. Power Electron., vol. 24, no. 12, Dec. 2009, pp. 2959-2966.
- [3] C. S. Moo, S. Y. Tang, W. T. Tsai and H. L. Cheng, "Acceleration scenarios of metal halide lamps," IEEE Trans. Plasma Science, vol. 36, no. 4, Aug. 2008, pp. 1907-1912.
- [4] F. Javier Diaz, F. J. Azcondo, Ch. Brafias, R. Casanueva Regan Zane, "Control of low-frequency square-wave electronic ballast with resonant ignition using a dsPIC30F2010", Industrial Electronics, 2007. ISIE 2007. IEEE International Symposium on, pp. 3019-3024 June 2007.
- [5] Byoung-Chol Cho, Sung-jin Moon, In-Kyu Lee and B.H.Cho, "A New HID Lamp Ballast using Internal LC Resonance and Coupled Inductor Filter", Proceedings ICPE'01, Seoul.
- [6] Azcondo, F.J.; Diaz, F.J.; Casanueva. R.; Branas. C.; Zane. R.; "Low-frequency square-wave electronic ballast with resonant ignition using digital mode and power control" Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2006. Apec '06.
- [7] Zhuang Zuo, Dianguo Xu, Xiangjun Zhang, Hankui Liu, "Design of a Novel Low-Frequency Square-Wave Digital Electronic Ballast for HID Lamps", IEEE Power Electronics Specialists Conf, PESC 2007, pp.3112-3116, June. 2007.