

## 70W CDM 램프용 전자식 안정기 설계

최현희, 최왕섭, 박종연  
강원대학교 전기전자 공학과

### Design of the Electric Ballast for 70W CDM Lamp

Hyeon-Hui Choe, Wang-Seop Choi, Chong-Yun Park  
Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Kangwon National University

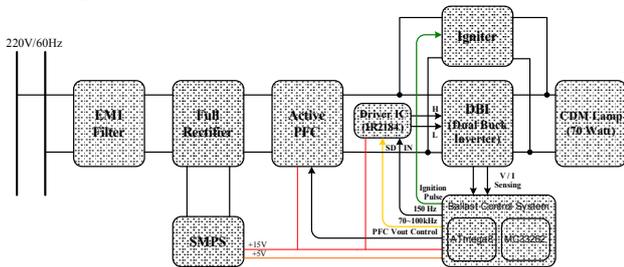
**Abstract** - Dual Buck Inverter구조를 가지는 70W CDM 램프용 전자식 안정기의 제어기를 설계하였다. 전자식 안정기는 EMI filter, Active PFC, Dual Buck Inverter, Igniter, SMPS로 구성 된다. 제어기는 크게 2개로 구분 할 수 있다. MC33262를 이용하여 Inverter의 전압, 전류를 센싱 받아 70kHz의 Zero Voltage Switching을 위한 제어기와 시간의 경과에 따라 PFC의 출력 전압 제어, Ignition Pulse 제어 및 부하 보호를 위한 제어기로 구성되어 있다. 본 논문은 ATmega8을 이용하여 제어기를 설계하였고 실험으로 시간의 경과 따른 안정기의 제어가 안정적인 동작을 하고 있음을 증명하였다.

#### 1. 서 론

정부는 녹색 IT성장이라는 구호아래 조명으로 쓰이는 소비전력을 감소시키기 위해 최근 친환경 및 고효율 조명광원으로 각광받고 있는 LED 램프 사용을 적극 권장하고 있다. 하지만 현재 LED의 가격은 타 조명광원에 비해 매우 높게 형성되어 있고 발열에 따른 LED 자체의 특성 변화로 인해 정 전류 구동을 위한 회로를 필요로 한다.[1] 효율적인 방열판 설계와 정 전류 구동을 위한 연구가 진행되고 있지만 높은 신뢰성을 갖춘 다른 램프에 비해 경쟁력이 떨어진다. 반면 CDM(필립스社 세라믹 메탈 할라이드 램프) 램프는 다른 고압 방전등에 비해 높은 효율과 연색성, 긴 수명을 가지고 있으면서 가격도 상대적으로 낮아 우수한 실내·외 조명등으로서 큰 주목을 받고 있다. 하지만 CDM 램프는 높은 점등 전압을 필요로 한다는 것과 음향공명 발생이라는 치명적인 단점을 가지고 있다. 따라서 램프를 구동시키기 위한 안정기는 높은 이그니션 전압을 발생시키고 음향공명을 제거하기 위한 많은 기술들을 필요로 한다. 특히 음향공명은 가장 해결하기 힘든 부분으로서 여러 방법의 음향공명현상을 제거하는 기술이 소개되어 왔다.[2] 현재는 램프에 저주파·구형파의 전압, 전류를 인가하여 일정한 전력을 램프에 공급하는 기술이 가장 널리 쓰이고 있다. 본 논문은 램프에 저주파·구형파 전압, 전류를 공급하여 음향공명을 제거한 Dual Buck Inverter구조를 가지는 전자식 안정기의 제어기를 설계하고 실험결과를 통해 확인하고자 한다.[3]

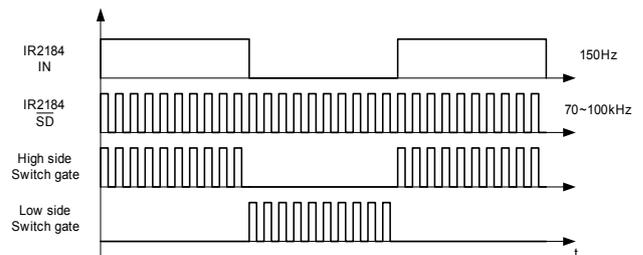
#### 2. 본 론

##### 2.1 안정기 구조



〈그림 1〉 안정기 구조

안정기 구조는 그림 1과 같다. Active PFC는 역률을 높임과 동시에 400Vdc의 전압을 Inverter에 공급한다. Igniter는 램프와 직렬로 연결되어 있는 L의 2 차측 코일과 C 그리고 MosFET로 구성되어 3ms 마다 이그니션 펄스를 생성시켜 Inverter 스위칭과 상관없이 3kV이상의 이그니션 전압을 램프에 인가한다. 램프에 저주파·구형파의 전압, 전류 공급을 가능하게 하는 Dual Buck Inverter는 IR2184에 의해 구동된다. IR2184의 신호 입력 단자인 IN과 SD를 통해 Inverter가 제어되며 이 입력 신호의 주파수와 듀티에 따라 스위칭 동작이 가변되어 램프의 디밍이 가능하다.



〈그림 2〉 Inverter Switching

안정기 제어시스템에 쓰이는 마이크로 컨트롤러(ATmega8)는 IN단자에 150Hz의 구형파를 인가한다. 반면 SD단자에 들어가는 70~100kHz의 구형파는 인위적인 패턴을 가지는 파형이 아니라 별도의 회로를 통해 Inverter의 전압, 전류를 센싱 받아 Zero Voltage Switching을 위한 MC33262의 출력 파형이다.

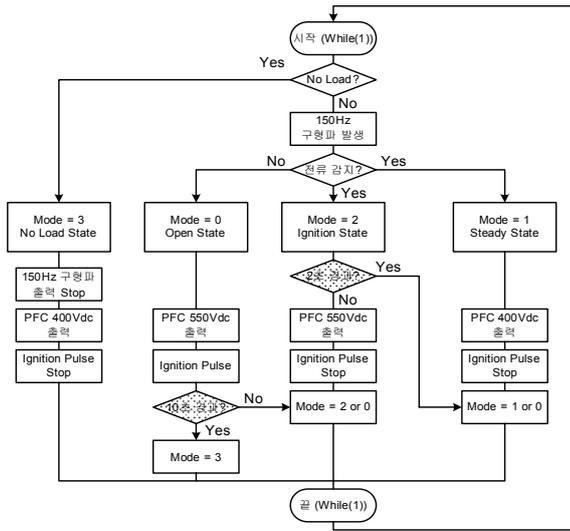
##### 2.2 안정기 제어 원리

현재 구조의 안정기를 제어하는 제어기는 크게 2개로 나눌 수 있다. IR2184의 IN단자 입력을 담당하는 마이크로 컨트롤러(ATmega8)와 SD 단자에 들어가는 고주파의 스위칭 제어를 위한 MC33262이다. 고주파 스위칭을 담당하는 제어기는 논문 [3]에서 다루었고 본 논문은 마이크로 컨트롤러를 이용한 제어기 설계에 대해 설명하고자 한다. 마이크로 컨트롤러는 IR2184의 IN 단자에 들어가는 150Hz의 구형파를 출력하는 것 외에 이그니션 펄스를 생성시키는 것과 이그니션 전압의 상승을 위해 PFC의 출력 전압을 높이는 기능을 담당한다. 또한 Inverter에 흐르는 전류를 센싱 받아 시간의 경과에 따른 램프의 상태를 판단하여 그에 맞는 Inverter 동작을 수행하도록 한다. 마이크로 컨트롤러는 ATmel사의 ATmega8을 사용하였다. 마이크로 컨트롤러는 부하상황에 따라 다음 4가지로 구분하여 동작하게 된다.

- Open State  
램프를 점등시키기 위해 이그니션 펄스가 생성되는 구간이다. 이그니션 전압을 높이기 위해 PFC는 550Vdc를 출력한다.
- Ignition State  
램프가 점등된 구간으로 전류가 센싱 되어 아크가 형성되었다고 인식하는 구간이다. 이그니션 펄스는 발생하지 않지만 램프에 충분한 전력을 공급하여 아크를 유지시키기 위해 PFC 출력 전압은 아직 550Vdc이다.
- Steady State  
램프가 완전히 점등되고 정상상태에 도달했다고 판단하는 구간이다. 이때 PFC는 400Vdc 전압을 Inverter에 공급한다.
- No Load State  
램프가 없는 무 부하 상태로서 Inverter의 모든 스위칭 동작은 정지한다.

일반적으로 CDM램프는 아크 튜브가 Quartz로 구성된 메탈할라이드 램프에 비해 높은 점등 전압을 필요로 한다. 또한 램프가 점등된다 하더라도 아크에 충분한 전류를 공급하지 않으면 다시 아크가 소멸되는 경우가 빈번하다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 한번 이그니션이 되었다고 하더라도 아크가 소멸될 경우에 다시 이그니션 전압을 발생시켜 안정적인 이그니션 과정을 가질 필요가 있다. 따라서 안정기는 램프 점등 후 전류의 감지 여부에 따라 Open State와 Ignition State로 자유로이 변환되도록 제어기를 설계해야 한다. 그림 3은 마이크로 컨트롤러의 Flow chart이다. 프로그램은 시작과 끝을 무한 반복하면서 전류의 감지

여부와 시간의 경과에 따라 부하 상태를 판단하여 각 상황에 맞는 Mode에서 반복하여 동작하게 된다.

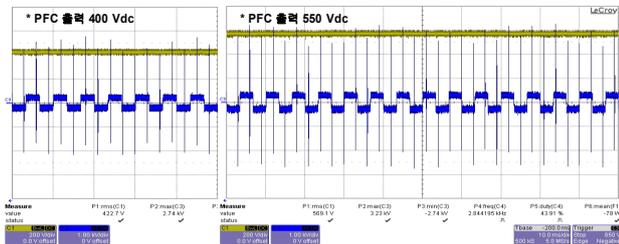


〈그림 3〉 제어기 Flow Chart

처음 프로그램이 실행되면 Open State로 들어가 루프를 반복하게 된다. 이그니션 펄스에 의해 램프가 점등되면 다음 루프에서는 전류가 감지되어 Ignition State로 들어가게 되고 이그니션 펄스는 소멸된다. 전류가 감지된 상태로 2초가 경과 되면 다음 루프에서는 Steady State로 동작하게 되고 무한 반복을 하게 된다. 만약 Ignition State에서 루프를 반복하고 있는 중에 아크가 소멸되어 전류 감지가 안 되면 Open State로 루프를 반복하고 다시 이그니션 펄스를 발생시켜 안정적인 이그니션 과정을 거치게 된다.

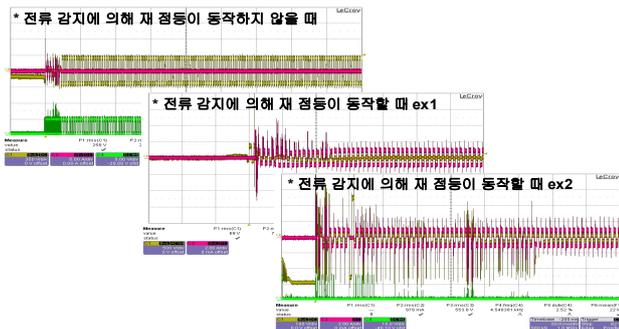
### 2.3 실험 결과

Open State에서 PFC의 출력 전압에 따른 이그니션 전압 변화를 그림 4에 나타내었다. PFC 출력 전압이 400Vdc일 경우 2.74kVmax인 이그니션 전압은 550Vdc일 경우 3.23kVmax의 전압을 형성한다.



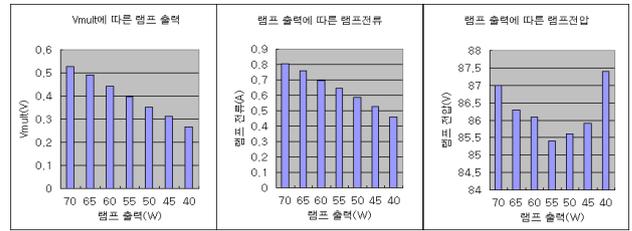
〈그림 4〉 PFC 출력전압에 따른 Ignition 전압 변화

제어기 Flow Chart의 전류 감지 여부에 따른 Mode 판별 단계는 초기 램프의 아크형성에 매우 중요한 역할을 한다. 이그니션 전압에 의해 형성된 아크는 계속 유지되기도 하지만 다시 소멸되는 경우도 있어 재 점등을 위한 Technique이 필요하다. 그림 5는 전류 감지에 의해 재 점등 동작을 할 경우와 하지 않을 경우의 램프 전압, 전류 파형을 보여준다.

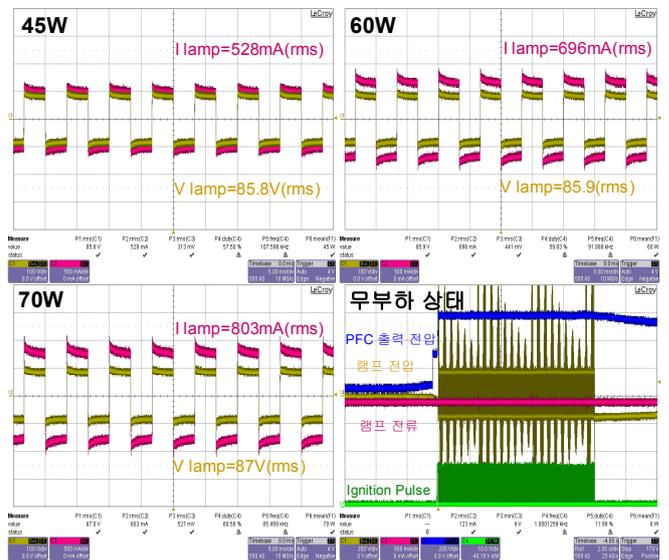


〈그림 5〉 전류 감지에 의한 재 점등 동작 실험 결과

현재 구조의 안정기는 IR2184의 SD단자에 들어가는 제어 신호를 출력하는 MC33262의 Vmult단자 전압을 조절함으로써 램프의 dimming이 가능하다. 램프가 70W의 정격출력을 낼 경우 527mV의 Offset전압을 가지는 Vmult는 최소 313mV까지 감소 시켜 45W의 램프출력을 가능하게 한다. 그림 6과 그림 7은 Vmult단자의 전압변화에 따른 램프출력의 변화를 보여준다.(MASTER Colour CDM-R 70W/830 PAR 30L 10D) 또한 그림 7의 마지막 그림은 안정기에 부하가 없는 상태로 제어가 10초 후 무부하로 인식하여 Inverter 스위칭과 이그니션 펄스가 소멸되는 과정을 보여준다.



〈그림 6〉 Vmult 전압에 따른 램프 출력 변화



〈그림 7〉 부하 상태에 따른 램프 전압, 전류

위 실험 결과 램프가 dimming되면서 전압의 변화는 거의 없고 전류가 변하는 것을 알 수 있다.

### 3. 결 론

CDM램프를 위한 전자식 안정기의 제어를 설계하였고 실험을 통해 입증하였다. 설계된 안정기는 안정적인 이그니션 과정을 나타내었고 Dimming이 가능하였다. 안정기의 저가 구현을 위해 ATmega8로 제어를 설계하였다. 앞으로의 연구 과제는 안정기의 소형화와 신뢰성을 확보하여 제품화하는 것이다.

### [참 고 문 헌]

[1] LUMILEDS, "power light source LUXEON® K2 with TFFC Datasheet"  
 [2] Miao Shen, Zhaoming Qian, Fang Zheng Peng, "Design of a Two-Stage Low-Frequency Square-Wave Electronic Ballast for HID Lamps", IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 39, pp. 424-430, MARCH/APRIL 2003.  
 [3] 박종연, 임기승, 신동석, 최현희, "ZVS를 이용한 DB하프브리지 인버터 구현 방법", Trans. KIEE, vol. 58, pp. 756-762, APRIL 2009.