

250W CDM 램프용 전자식 안정기의 돌입전류 감소 기법

이현진, 전인웅, 박종연
강원대학교 IT대학 전기전자공학과

The reduction methods of in-rush current in electronic ballast for a 250W CDM lamp

Hyeon-jin Lee, In-woong Jeon, Chong-yeun Park

Dept. of Electric and Electronic Engineering, IT college, Kangwon National University

ABSTRACT

전자식 안정기의 초기구동 시, 발생하는 입력단의 높은 돌입전류는 전자식 안정기 내의 전파정류다이오드 및 능동 역률보상회로의 파손원인이 되며, 제품의 신뢰성을 감소시키는 큰 요인으로 지목된다. 따라서 안정기의 입력에서 발생하는 돌입전류를 분석하고 제한하는 방법이 필요하다. 본 논문은 250W CDM(Ceramic Discharge Metal-halide) 램프용 DBI(Dual Buck Inverter) 구조의 전자식 안정기에서 초기 구동 시 높은 돌입전류가 발생하는 원인을 분석하고, 해결책을 제시하였다.

1. 서론

CDM(Ceramic Discharge Metal-halide) 램프는 다른 방전램프에 비하여 광효율, 연색성, 내열성 및 내식성 등의 특성이 우수하여 최근 널리 보급되는 추세이다. 그러나 CDM 램프는 음향공명 현상이 발생할 수 있어서 CDM 램프용 전자식 안정기는 램프에 저주파-구형파를 인가할 수 있는 구조이어야 한다.^[1]

램프에 저주파-구형파를 인가할 수 있는 방법으로 DBI(Dual Buck Inverter)형 구조가 있다. DBI형 전자식 안정기는 2 stage 구조로 손실이 적고 제품의 소형화, 음향공명현상 제거 등의 응용에 적합하다.^{[1][2]} 그러나 전자식 안정기 내부의 Bulk Capacitor에 의해 초기동작 시 과도한 전류가 발생하여 입력단 및 PFC(Power Factor Correction) 회로 부분에 높은 전류정격을 요구한다. 안정기 초기 구동 시, 돌입전류가 발생되면 제품을 부피가 작고 값싸게 구현하기 어려울 뿐만 아니라 전원선, 스위치, 정류기 및 커패시터 등의 내부 주요부품이 손상된다. 또한, 같은 전원을 사용하는 다른 장비와 간섭을 일으켜 고장을 일으키는 원인이 될 수 있다.^[3] 따라서 안정기의 입력에서 발생하는 돌입전류를 분석하고 제한하는 방법이 필요하다.

본 논문은 250W CDM 램프용 DBI형 전자식 안정기에서 초기 구동 시 높은 돌입전류가 발생하는 원인을 분석하고, 해결책을 제시하였다. 또한 실험을 통하여 돌입전류발생 문제에 대해 제안한 이론이 적절함을 입증하였다.

2. 돌입전류제한 기법

본론에서는 전체적인 안정기 구조를 설명하였으며, 초기 안정기 구동 시, 돌입전류의 발생 원인을 분석하고 이를 해결하기 위한 회로를 제안하였다. 마지막으로 실험을 통하여 제안한

이론이 타당함을 보였다.

2.1 DBI형 전자식 안정기의 구조

전자식 안정기의 구조는 그림 1과 같다. 안정기에서 발생하는 고주파 노이즈를 제거하기 위한 EMI filter와 정파 정류회로, 역률을 보상하기 위한 Boost Converter 형태의 능동 역률보상회로, 램프에 저주파-구형파의 전압-전류를 공급하기 위한 Dual Buck Inverter, 램프 점등용 점화전압을 발생하는 이그나이터, 각 Control IC의 전원을 공급하기 위한 SMPS(Switched Mode Power Supply), 그리고 DBI의 스위치와 전체적인 안정기의 동작을 제어하는 마이크로컨트롤러로 구성되어 있다.^[2]

안정기에 전원이 투입되면 능동 역률회로가 DC 400V를 출력하고 Dual buck Inverter가 램프양단에 구형파 전압을 공급한다. 이때 이그나이터로 발생하는 점화전압으로 램프가 점등되면, 제어회로에서 램프양단에 구형파 전압-전류를 공급하도록 한다.

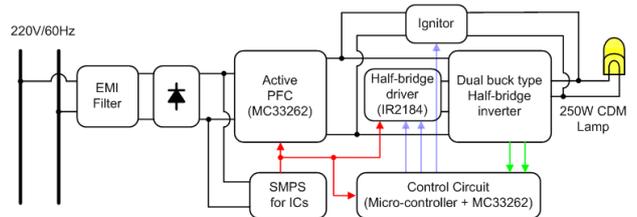


그림 1 DBI형 전자식 안정기
Fig. 1 DBI type electronic ballast

2.2 250W 전자식 안정기의 돌입전류 현상 분석

그림 2는 DBI형 전자식 안정기의 초기 구동 시 발생하는 돌입전류를 살펴보기 위한 실제적 회로이다. 입력전류 $i_{in}(t)$ 는 식 1과 같이 정의할 수 있다.

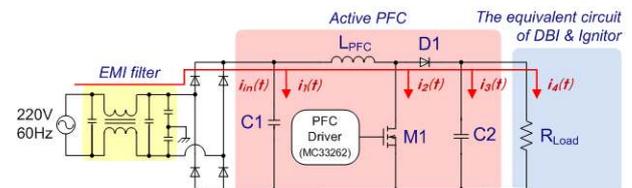


그림 2 전자식 안정기의 회로
Fig. 2 The circuit of the electronic ballast

$$i_{in}(t) = i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) + i_4(t) \quad (1)$$

그림 3은 그림 2의 구조에서 초기 전원 투입 시 입력전류를 관찰한 실험 결과이다. 실험 결과, PFC 출력전압이 Bulk capacitor인 C2에 의하여 충전될 때 입력전류가 가장 크게 발생하는 것으로 보이며, 돌입전류가 발생하는 가장 큰 요인을 그림 2와 식 1의 $i_3(t)$ 로 요약할 수 있으며, 식 2로 정리된다.



그림 3 돌입전류에 관한 실험 결과
Fig. 3 Experiment result of in-rush current

$$i_{in}(t) = C2 \frac{\Delta V_C}{\Delta t} \quad (2)$$

2.3 제안한 돌입전류 제어회로

그림 4는 돌입전류를 제한하기 위한 구조이다. 입력단의 Sw가 턴온되어 전원이 인가되면 R_{Limit} 으로 일정시간 전류를 제한한 후에 PFC출력 전압이 일정전압 이상 도달하면 Relay를 턴온한다. 또한 Delay회로를 사용하여 안정기의 각 부분이 단계별로 동작하게 함으로써 안정기의 구조적 불안을 해소하였다.

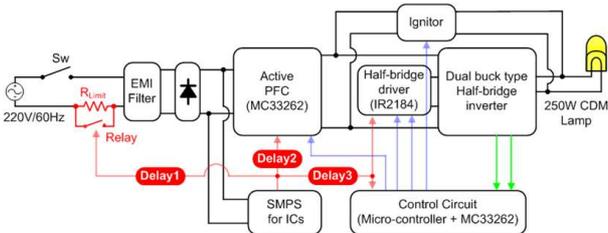


그림 4 제안한 안정기 구조
Fig. 4 Structure of Proposed ballast

그림 5은 그림 4의 각 delay 회로의 구조를 나타낸 것이다. IC전원 인가용 SMPS 출력 DC전압이 DC전원지연회로의 입력단에 발생되면 V_{REF} 가 R_A , R_B , C_A 의 시정수에 의해 천천히 증가된다. 이때 V_{REF} 가 Shunt Regulator인 U1의 기준전압보다 커지면 U1의 A-K간이 턴온되어 Q1의 Base 전류가 흘러서 Q1이 턴온되어 릴레이의 코일이나 제어 IC에 전원이 인가된다. V_{REF} 의 출력전압식은 식 3과 같다.

$$V_{REF}(t) = \frac{R_B}{R_A + R_B} (1 - e^{-\frac{R_A + R_B}{R_A R_B C} t}) \quad (3)$$

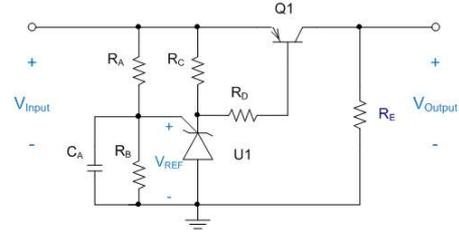


그림 5 DC전원 지연회로
Fig. 5 The delay circuit of DC source

2.4 실험 및 고찰

그림 6은 돌입전류 제어 기능을 갖춘 전자식 안정기의 입력측의 파형이다. R_{Limit} 은 300Ω 로 하였으며, Relay가 턴온하는 시간은 1.2sec, 안정기 내의 제어IC 전원 공급은 1.26sec로 하였다. 그 결과로 안정기 초기 전원입력 시, 과도한 전류가 발생되지 않았으며, 안정적인 초기 구동이 이루어짐을 확인하였다.



그림 6 돌입전류 제한에 관한 실험 결과
Fig. 6 Experiment result of in-rush current limitation

3. 결론

본 논문은 250W CDM 램프용 전자식 안정기에서 초기 구동 시 발생하는 돌입전류로 인한 문제점을 제시하고 돌입전류가 발생하는 원인을 분석하고, 해결책을 제시하였다. 또한 실험을 통하여 돌입전류발생 문제에 대해 제안한 이론의 타당성을 입증하였다. 향후 제안한 돌입전류 제어방법 및 DC전압지연회로는 다양한 전원장치에 응용이 가능할 것으로 기대한다.

참고 문헌

- [1] W. Yan, S.Y.R. Hui, "Experimental study on acoustic resonance phenomena in ageing high-intensity discharge lamps", IEE Proc.-Sci. Meas. Tech., Vol. 153, Issue 5, pp. 181-187, 2006, September
- [2] 박종연, 임기승, 신동석, 최현희, "ZVS를 이용한 DB하프브리지 인버터 구현 방법", 대한전기학회 58권 제 4호, pp. 756-762, 2009, April
- [3] 국방과학연구소, "돌입전류 제어회로 및 돌입전류 제어회로를 사용한 전원공급기", 대한민국 특허청, 등록번호 10-0792180, 2007, December