# 직류 전원을 사용하는 형광등용 안정기 연구

(A Stuty of Ballst for Fluorescent Lamp using DC power source)

한수빈* · 박석인 · 송유진 · 정학근 · 정봉만 · 유승원
(Soo-Bin Han · Suck-In Park · Eugine Song · Hak-Guen Jeoung · Seong-Won You)
한국에너지기술연구원

## Abstract

In a design of DC ballast for fluorescent lamp, pre-stage of DC-DC converter is required to keep the constant output lumen performance regardless of variable DC input voltage. In this paper, flyback topology is used for optimum performance of 32W lamp, and various important design points for successful operation over the whole operating range are described.

## 1. 서 론

대부분의 광원은 현재 220V의 상용 교류 전원으로 구동하고 있다. 그러나 특별한 경우에는 직류 전원을 사용하게 된다. 예로서 건물의 비상전원 설비와 관련하여 축전지를 사용할 경우 비상조명은 직류전원을 사용하게 된다. 또한 태양광 및 연료전지 등 신재생에너지의 경우 대부분이 직류에너지원으로 발전하므로 이를 그대로 이용할 경우 역시 상용교류 전원 없이 직류전원으로 광원을 구동하게 된다. 물론 이 직류전원을 인버터를 이용해서 교류전원으로 변환시키고 이를 기존 광원구동에 그대로 사용할 수 있지만 이 경우 여러 에너지 변환 단계가 필요하여 그림 1과 같이 직류 에너지원을 인버터를 이용하여 전원을 구성하는 것에 비교하여 비효율적이라는 문제가 제기된다.

본 논문에서는 직류 전원으로 구동되는 32W용 형광등용 안정기의 구현과 관련된 연구로 상용화 측면에서 가능한 하나의 방법을 검토해 보기로 한다.

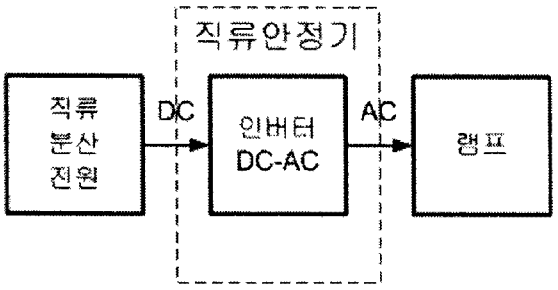


그림 1 직류 전원을 이용한 직류 안정기
Fig. 1 DC ballast based on DC power

## 2. 직류 전자식안정기의 구성

전자식 안정기의 인버터의 경우는 IR사(International Rectifier)가 반도체 회사 중에서는 대표적으로 형광등을 점등시키는 데 필요한 기능이 집약된 IC들을 공급하고 있으며 이 들을 이용할 경우 쉽게 안정기를 개발할 수 있다. 안정기용 IC의 경우는 예열을 포함한 점등 sequence 등을 구현할 수 있고 다양한 보호기능들이 가능하게 되는 편리성을 제공하고 있다.

직류안정기 구성 시 직류 전원이 높으면 형광등을 바로 구동할 수 있으나 직류 전원이 낮으면 초기 점등전압이 충분하지 않을 수 있게 되므로 이를 해결하기 위해서는 인버터 출력에 트랜스를 사용한 승압이 필요하게 된다. 통상 그림 2와 같은 구성으로 인버터를 구현할 수 있게 된다.

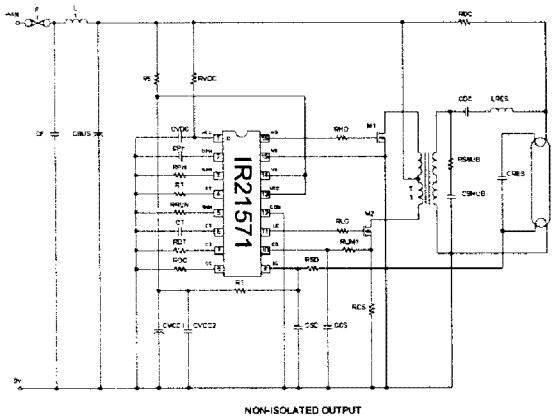


그림 2 상용 IC에 의한 직류 안정기 인버터 구현
Fig. 2 Inverter implementation by IC

이렇게 직류전원을 사용할 경우 매우 간단히 형광등용 안정기를 구동할 수 있으나 실제 실용화를 위해서는 고려해야 할 문제가 존재한다. 축전지의 경우 실제 전압이 충방전 된 에너지 상태에 따라 변화하게 된다. 예로서 12V 정격 축전지라면 10-14V까지 변화할 수 있다. 상용 안정기 IC의 경우 많은 기능이 포함되어 있으나 입력이 변화할 때 출력을 일정하게 유지하는 기능이 존재하지 않는다. 따라서 직류입력변동이 발생하는 경우는 출력의 전력이 변화하게 되어 형광등에서 일정한 광속을 유지시키는 데 문제가 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 결국 인버터 전단에 전력을 제어할 수 있는 DC-DC 컨버터가 필요하게 되며 이러한 DC-DC 컨버터는 구현 가능한 많은 회로 구조들이 존재한다. 본 논문에서는 이 방식은 가장 간단한 구조를 갖고 있고 부품의 수도 최소화 할 수 있기 때문에 그림 3과 같은 Flyback방식을 사용하기로 한다. 또한 입출력을 절연 시킬 수도 있어 안전성 면에서 유리하기도 하다. Flyback의 주요 동작은 여러 문헌에서 상세히 기술되어 있다[1][2].

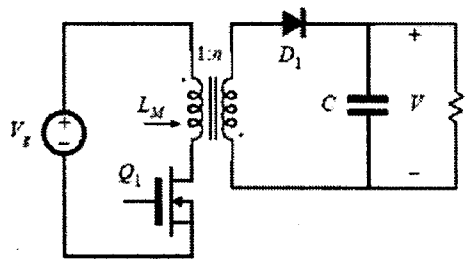


그림 3 Flyback 컨버터의 구조
Fig. 3 Topology of Flyback converter

## 3. 직류안정기 설계 시험

본 연구에서 연구하는 주요 설계 사양은 다음과 같다.

- 입력 직류 전압 : $40V_{dc}$ - $60V_{dc}$
- 출력 구동 형광등 : 32W rapid start
- 인버터 IC의 입력 전압 : $380V_{dc}$
- 플라이백 동작 : Discontinuous mode

인버터의 입력전압은 즉 Flyback DC-DC 컨버터의 출력전압으로 형광등용 인버터 회로에 입력전압의 변동 없이 항상 일정한 직류전압 380V를 공급하는 것이 주요 사양이 된다. 그리고 Flyback을 항상 discontinuous mode로 동작시키도록 하였다. 그 이유는 형광등이 시동시 부하 변동이 심하기 때문에 flyback에서 전압을 원활하기 제어하기 위해서는 discontinuous mode가 더 안정적이기 때문이다. 반면에 MOSFET의 peak 전류가 상승하게 되나 32W급에서는 큰 문제가 발생하지 않는다. 일단 어느 한 모드로 제어된다면 입력전압이 변화해도 모드 변화가 있어서는 안되며 이를 모든 동작조건에서 유지할 수 있도록 설계가 필요하다.

Flyback의 설계중 중요한 요소는 트랜스포머의 권선비를 결정하는 것이다. 이를 위해서는 입출력의 이득이 설계에서 고려가 되어야 하는 데 통상 입력전압 대 출력전압은 continuous mode로 동작한다면 주어진 duty ratio D에 대해서 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{nD}{1-D} \tag{1}$$

단 식에서 n=2차측 권선수/1차측 권선 수

그러나 discontinuous mode에서는 입력전압 대 출력전압의 비는 (2)와 같게 된다. 즉 부하상태와 스위칭 주파수 인덕턴스에 따라 변화가 된다.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{D}{\sqrt{2L/RT}} \tag{2}$$

이 턴수비가 결정되면 다음 식에 의해 MOSFET의 필요한 내압이 결정된다.

$$V_m = V_{dcmax} + \frac{1}{n} V_o \tag{3}$$

즉 이 전압의 MOSFET 스위치의 최대전압의 70%이하가 되도록 MOSFET를 선택하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 입력전압은 최대 60V이고 출력은 400V 권선비는 7이므로 MOSFET의 스위치의 내압은 200V이상이면 충분하다. 단 트랜스포머의 leakage inductance가 충분히 작은 경우를 가정하는 것으로 실제 leakage inductance를 확인해야 한다.

회로의 동작에 관해서 사전의 시뮬레이션 실험은 실제 제작을 위해서 빈번히 발생되는 시행 착오를 줄이는 데 매우 유용하며 본 논문에서도 그림 4와 같이 Flyback 컨버터의 동작확인을 위한 시뮬레이션을 수행하였다. 그림에서 2차측 권선이 하나 더 있는 것은 제어회로에서 실제로 제작시 사용되는 에너지를 공급받기 위해 2차측의 보조 권선이 필요하기 때문으로 이에 대한 영향을 보기 위해서 설정되었다. 그림 5의 경우는 직류전압이 최소값 즉 40V에 있을 때 flyback의 동작상태를 점검한 결과로 트랜스포머의 1차측 전류와 2차측 전류를 보았을 때 discontinuous mode로 동작됨

을 알 수 있다. 그림 6의 경우는 직류전압이 50V일 때로 이때는 2차측 전류의 dead time이 매우 짧아졌으나 역시 discontinuous mode로 동작함을 볼 수 있다. 만약 직류전압이 60V이상이 될 경우는 continuous mode로 진입하게 되고 출력전압에 대한 제어시 오차가 커지거나 안정성을 잃어버릴 수가 있게 된다. 그림 7은 직류 전압이 50V일때의 직류안정기의 flyback 출력과 램프 전압 및 전류 파형이다. 순간적으로 시동시 32W이상의 전력이 필요하여 flyback출력이 감소하나 정상점등 후에는 출력을 400V로 제어하고 있음을 알 수 있고 정상적으로 형광등이 점등 및 구동됨을 알 수 있다.

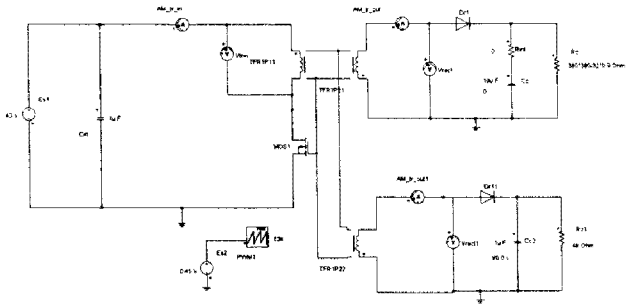

그림 4 Flyback 시뮬레이션 회로
Fig. 4 Simulation circuit of of Flyback converter

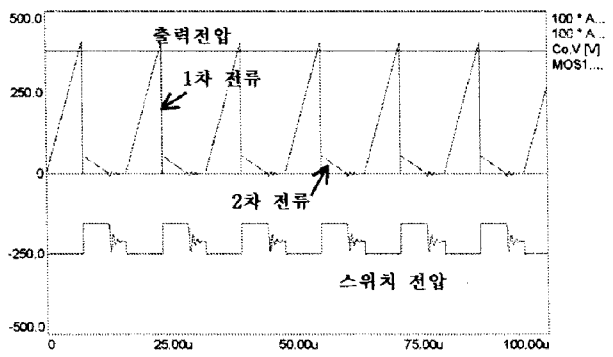


그림 5 최소 입력전압의 경우 Flyback 회로 동작
Fig. 5 Operation of Flyback converter at min. input

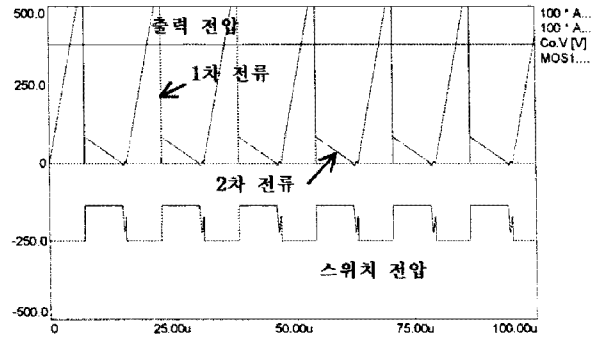


그림 6 최대 입력전압의 경우 Flyback 회로 동작
Fig. 6 Operation of Flyback converter at max. input

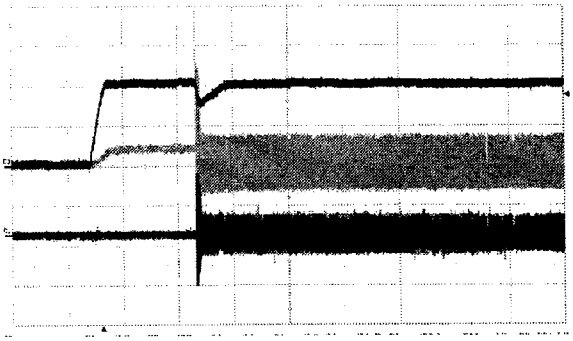

그림 7 직류 안정기의 시동 동작 특성
Fig. 7 Starting operation of DC ballast

## 4. 결 론

본 논문에서는 직류 전원을 사용하게 될 경우 형광등용 안정기에 대한 구성 방식에 대해 연구하였다. 직류 전원을 이용하는 경우는 인버터만으로는 안정적인 성능을 갖기가 어렵기 때문에 DC-DC 컨버터가 전단에 필요하게 되고 본 연구에서는 flyback을 사용하였다. 결국 직류안정기를 위한 flyback 설계가 기술적인 핵심이 되며 본 연구에서 주요 설계 고려점에 대해서 설명하였다. 현재 32W에서 flyback의 동작을 discontinuous mode로 제한하였는데 2등용 또는 그 이상의 용량에서 continuous mode가 더 적합한지 아니면 forward나 push pull 방식 등 다른 회로 구조가 더 적합한지는 보다 연구가 필요하다.

### 참 고 문 헌


[1] R. Erickson, "Fundamentals of Power Electronics", Kluwer Academic Publishers, 2001

[2] A. Pressman, "Switching Power Supply Design", McGraw-Hill1, 1991