

형광등 대치용 LED전구를 위한 20W급 컨버터의 자생전원에 관한연구

(A Study On the 20W self power Convert for LED Lamp for fluorescent lamp contraposition)

황정호* 정찬수*

(Jung-ho, Hwang*, Chan-Su Chung*)

이모선택(주), 숭실대학교

Abstract

기존의 조명설비가 친환경 설비로 대체되면서 고효율의 밝은 빛을 내는 LED가 각광을 받고 있다. 현재 20W급 전구를 사용하고 있으며, 다양한 제품군으로 빠르게 확산되고 있다. 하지만 제품 특성을 살릴 수 있는 고효율 전원 장치가 필요하지만, 이에 관한 연구는 많지 않다. 현재 사용되고 있는 전원 공급 장치는 정류된 전원을 제어전원으로 사용함으로써 소비 전력이 큰 단점이 있다.

본 논문에서는 20W급 형광등 대치용 LED전구의 제어전원으로 자생 전원을 사용함으로써 전력손실을 감소시키는 방법을 제안한다.

1. 서론

전 세계적으로 에너지의 의존도가 가중되면서 자원고갈과 환경 및 안정성등의 문제로 인해 대체 에너지에 대한 연구가 지속적으로 증가 하고 있다. 또한 에너지 절약과 기기의 고 효율화에 대한 연구가 진행되고 있다. 조명시스템은 대표적인 사례라고 할 수 있다. 사례를 살펴보면, 대형건물 주차장과 공공시설의 경우 80[W]급 형광램프에서 20[W]급 LED 형광등으로 대체 되고 있으며, 거리의 교통신호등의 경우 150[W]백열전구가 18[W]급 LED 신호등으로 대체되고 있다. 이는 에너지 절감의 대표적인 사례가 되고 있다. 또한 기존 전구와 달리 눈이 부시거나, 필라멘트가 단락되는 경우가 없어 유지보수 및 사용이 간편한 형태로 제작되어 폭넓게 사용되고 있으며, 반영구적인 수명으로 그 유용성이 높다. 특히 고 출력-고휘도 LED가 상용화 됨으로 사용자는 LED의 다양한 제어기술, 화려한 색상 구현, 비용절감 효과까지 갖추게 되어 제품의 활용도는 급속히 높아질 전망이다.[1][3]

이러한 좋은 LED를 조명으로 사용하기 위해서 몇 가지 개선해야 할 문제점이 있다. 첫째는 단순히 LED를 조합하여 만들면 직진성에 의한 눈부심이 발생하여 사용자의 눈에 피로감을 주게 된다. 따라서 조명제품으로의 응용을 위해서는 용도에 맞는 배광을 가질 수 있도록 적절한 렌즈 및 조명 기구에 대한 기술개발이 이루어져야 한다. 둘째로

LED는 직류로 구동되기 때문에 현재 사용되는 백열전구나 형광등 같이 교류를 이용한 점등은 기술적으로 여러 가지 제약을 가지고 있다. 따라서 LED의 전기적 특성에 부합하는 절전형의 고효율 구동회로에 대한 기술개발이 필요하다. 기존의 스위칭 전원 공급 장치는 토폴로지형태에 따라서 구분되고, 효율향상을 위해서 다양한 구조를 가지고 있다. 하지만 20[W]급 전력을 사용하는 형광등의 경우, 전원공급을 위한 제어회로의 소비량은 약 5~10%를 사용하여 발열과 전원손실을 갖게 된다.[1][2]

본 논문은 기존 전기시설에 적합하도록 형광등 대치용 LED전구를 위한 20W급 컨버터의 자생전원설계 방법을 제안한다. 자생전원을 제어전원으로 사용함으로써 전원가공에서 발생하는 발열과 불필요한 손실을 방지할 수 있다. 자생전원을 위하여 백부스트(Buck boost)컨버터 회로를 구현하고, 내부에 킥 스타트(kick start)기능을 내장한 부트스트랩(Boot strap) 회로를 구성하여 안정적인 전원제어가 이루어지도록 구현한다.

2. 백-부스트 컨버터 시스템

2.1 백-부스트 컨버터 회로

일반적으로 스위칭 전원장치의 가장 큰 손실은 스위칭에 의한 손실이다. 스위칭 동작은 고조파를 포함한 왜곡된 전류를 발생하여 효율과 역률에서

손실이 발생한다. 부스트 컨버터의 경우 출력전압이 입력전압보다 큰 특징 때문에 출력전압으로 스위칭 전압 범위가 결정되며, 효율과 역률개선이 비교적 쉽다. 반면 벅의 경우 출력전압이 입력전압에 비해 낮기 때문에 입력전압에 영향을 받는다. 따라서 운전 시 손실이 발생하여 효율 개선에 어려움이 많이 발생하고 있지만, 전원 투입 시 과도 상태전류 제한, 또는 회로단락 보호등 장점을 가지고 있다.

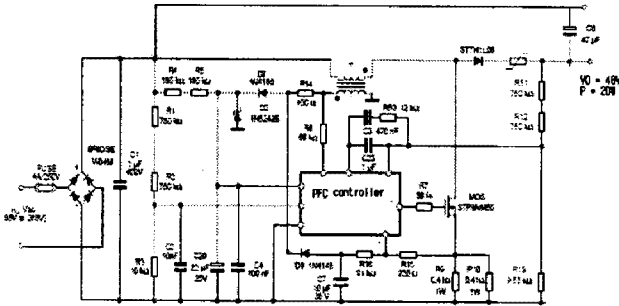


그림.1. 스위칭모드 벅 부스트 컨버터
Fig.1. Switching mode Buck-Boost converter

그림 1은 PFC(Power Factor Corrector) 기능을 내장한 스위칭모드 벅부스트 컨버터의 사례이다. 회로의 전원 구성은 출력전원과 제어전원으로 나뉜다. 출력전원의 경우 벅부스트 회로로 구동되어지고, 제어전원은 PFC 제어기의 구동전원 위한 자생 전원을 발생한다.[3]

2.2 부트스트랩과 킥스타트

제어기의 구동전원은 킥스타트와 부트스트랩 회로에 의해서 만들어진다. 킥스타트란 부스트 또는 벅부스트 컨버터에서 전원 투입시 변압기 1차측의 돌입전류가 2차측 전원을 공급하는 방법을 말한다. 부트스트랩은 킥스타트에서 공급된 전원을 자생전원으로 만들고 유지하는 방법이다. 그림.2.는 킥스타트에 의한 부트스트랩 순서도를 나타내고 있다.

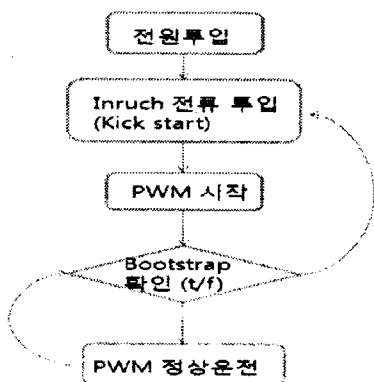


그림.2. 킥스타트와 부트 스트랩 순서도
Fig.2.The flow chart Bootstrap and kickstart

그림.1.에서 제안된 회로는 전원이 투입되면서 출력단의 전류를 충전하고, 스위칭 운전을 위한 전원을 만들게 된다. 공급된 전원은 제어전원으로 사용되어 벅부스트 회로를 동작한다. 출력쪽의 콘덴서는 스위치가 Ton 상태에서 방전을 하고, Toff 상태에서 충전된다.

제어 전원의 경우 킥스타트 회로가 변압기 2차측에 전류를 공급하고 부트스트랩 회로가 PFC제어기에 전원을 유지하게 된다. 하지만 그림.1.을 사용하였을 경우 제어회로의 구동전압은 DClink에 의해 부트스트랩 콘덴서를 충전하여 사용한다. 킥스타트회로는 변압기의 2차측 권선이 충분히 포화되지 못하기 때문에 전원을 원활히 공급하지 못한다. 따라서 대부분의 제어 전원은 DClink 전압에 의존하므로 전원 유지를 위해서 최소 1~2 [w]이상의 에너지를 소비해야한다. 따라서 20[w]급 형광등을 위한 전원공급장치로는 부적합 하다고 할 수 있다. 이러한 단점을 개선하고 안정된 자생전원을 위한 부트스트랩 회로를 구현하였다. 그림.3.은 C5를 추가하여 이를 개선한 부트스트랩 회로이다. 킥스타트 회로에 의해서 전압이 발생하였을 경우 C5를 충전하고, Ton시 극성이 바뀌어서 방전을 행함으로써 전원으로부터 독립된 전원을 만들 수 있다. 초기에 필요한 전류량에 의한 저항값은 식(1)과 같다

$$R_{start} := \sqrt{2} \frac{V_{inmin}}{I_{start}} \quad (1)$$

Istart는 전류 유입 시 동시에 공급되는 전류이며, Vinmin은 구동 가능한 최소전원 이다.

$$Prs := \frac{V_{inmax}^2}{R_{start}} \quad (2)$$

Prs는 저항의 전력량을 말한다. Prs는 발열과 직결되는 문제로 만약 킥스타트 공급된 전원이 부트스트랩에서 실패하였을 경우를 DClink 전원사용에 따른 손실로 발생한다. Vinmax는 전원전압의 최대치를 말하며 Rstart는 식(1)에서 선정된 저항값을 말한다.

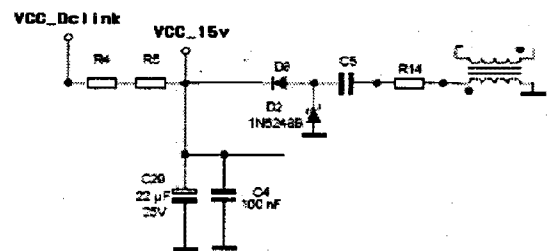


그림.3. 개선된 킥스타트회로
Fig.3. In improved kickstart circuit

3. 실험결과

위식으로부터 계산된 값을 기초로 20[W]급 LED 전구 전원장치를 PFC회로 내장형벅부스트 컨버터를 설계하였다. 설계된 회로를 표1과 같은 실험 조건을 가지고 실험하였다.

표1. 실험조건

Table1. Test Condition

Item	Parameters
AC input voltage(Vs)	85~265V, 60Hz
Power	23W
DC output(Vd, Id)	48V, 480mA
Max. swithching-Frequence	100kHz
Drive Type	Buck-Boost in PFC, Boot-strap
efficiency	95%
Setting time	500ms

20[W]이하의 기존 제품 경우 플라이백(FlyBack) 방식을 주로 사용하며, 절연을 위해 사용되는 변압기 손실까지 포함하여 약 80% 정도이다. 최근에 PFC기능을 내장한 부스트 컨버터가 개발되어 사용되고 있지만, 효율은 약 90% 정도 수준이다. 제안된 회로는 자생전원을 사용하여 효율 약95%로 설계되었다.

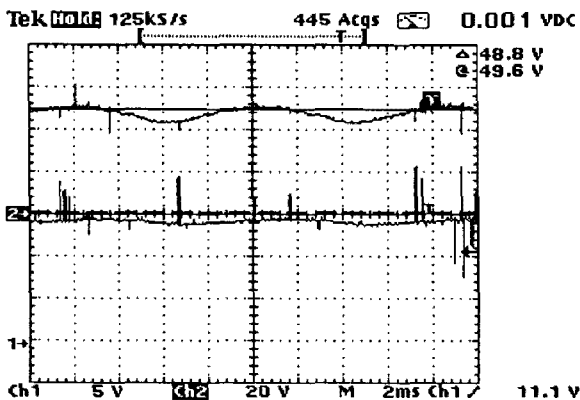


그림.4. 자생전원과 출력전압(ch1:자생전압, ch2:출력전압)

Fig.4. Self power and Output voltage (ch1:self power, ch2 output)

그림.4.는 부트스트랩에 의한 자생전원과 출력전압을 나타내고 있다. ch1은 생성된 자생전압으로 15V_{dc}를 만들고 있다. 자생전압은 제어전원으로 사용되어지며, ch2에서 약 48V_{dc}의 전원을 출력하고 있다.

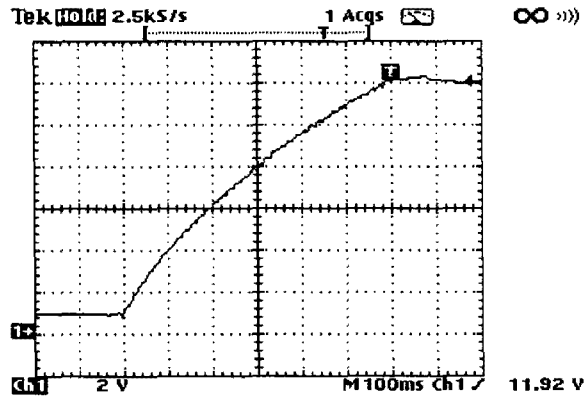


그림.5. 부트스트랩에 의한 자생전원생성
Fig.5. Creative Self power in the Boot strap

그림.5.는 부트스트랩에 의한 자생전원 생성을 나타내고 있다. 생성까지 지연시간은 약 500ms로 15V_{dc}에 도달하는 것을 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 20[W]급 LED전구 구동용 전원의 효율 개선방안을 제안하였다. 이 회로는 킷스타트 회로를 사용하여 변압기 2차측에서 돌입전류를 부트스트랩에서 사용 하므로써, 자생전원이 발생하여 정상대로 운전하는 회로이다. 기존 회로에서 손실되는 부분을 수정하여 제어 전원의 발생에 따른 운전 전력 손실을 줄이므로써 효율을 개선하였다. LED전구에 적용하여 기존의 소비효율을 상승시키는 효과를 기대한다.

참고문헌

- [1] 전준상, 김용, 권순도, '단일 PWM 제어기에 의한 역률보상 이단 풀 브리지 컨버터에 관한 연구', 대한전기학회 추계학술대회 논문집 pp.368-371, 11월 2000년..
- [2] 전내석, 장수형, 전일영, 박영산 'PFC용 부스트 컨버터의 병렬화에 의한 효율개선', 한국박용기관학회 추계학술대회 논문집, pp120-224, 5월, 2008년.
- [3] J. M. Bourgeois.'Circuits, for power factor correction with regards to mains filtering' ST.co.Ltd, AN510/0894 1999,
- [4] Michael O'Loughlin 'UCC38050 Mathcad Design ToolOriginal' Revision 7/26/04
- [5] Liyu Yang, Bing lu, weiDong 'Modeling and Characterization of 1KW CCM PFC Converter for Conducted EMI Prediction' 734-769 IEEE Xplore 8. 2009