

필름커패시터를 사용한 bridgeless 타입의 AC-DC LED 드라이버

김재섭*, 김동환* 최재호*
충북대학교*

Bridgeless AC-DC Converter with film capacitor

Kim Jae sub*, Kim Dong hwan, Choi Jae ho*
Chungbuk National University*

ABSTRACT

본 논문은 LED 드라이버의 수명을 좌우하는 전해커패시터를 필름커패시터로 대체하기 위하여 출력맥동전류의 구형과 제어 방법을 제안한다. 출력맥동전류의 구형과 운전은 출력전류의 Peak to average ratio를 낮추어 출력커패시터의 용량을 감소시킬 수 있다. 일반적으로 전해커패시터의 1/20배의 용량 저감을 통하여 필름커패시터로 대체가 가능해진다. 본 논문에서 제안한 토폴로지는 bridgeless single stage AC DC LED드라이버의 구형과 전류제어에 따른 출력전류리플저감에 대한 내용을 다루었다.

1. 서 론

LED는 점차적으로 백열전구의 사용보다 일반화 되고 있다. 이러한 이유는 긴 수명과 일반 형광등의 수명과 같은 무해한 성분이 없기 때문이다. 다수의 LED등은 충분한 밝기를 위하여 직·병렬연결되어 활용된다.[1] 이러한 측면과는 반대로 LED의 활용은 LED드라이버를 구성하는 전해커패시터로 인한 수명문제로 인하여 다른 광원과 비교했을 때 짧은 수명을 가진다. LED드라이버의 가격은 다른 등과 비교해 5배가량 높은 비용을 요구함에 따라 LED드라이버는 평균수명보다 5년이상 더 수명을 유지하여야 다른광원들에 비용적 우세를 가질 수 있다 [2]. 따라서 수명에 영향을 미치는 전해커패시터의 용량을 20배 이상 감소시켜 필름커패시터로 대체하거나 제거함으로써 수명문제를 해결하고자 하는 많은 연구들이 진행되고 있다. 이 논문에서는 전해커패시터로 인한 LED드라이버의 수명문제를 해결하기 위한 하나의 방법으로 출력전류의 구형과 운전제어를 통한 출력 전류 리플 저감을 통하여 출력커패시터의 용량을 감소시키고자 한다. 본론에서의 내용에서 2절에서는 정류회로 동작에 대한 내용과 DC DC컨버터의 구형과 제어에 대하여 다루고 3절에서는 모의실험을 통한 이론적 검증에 대한 내용이 나타났으며, 마지막으로 4절에서는 이론과 모의실험에 대한 내용에 대하여 논의하도록 하겠다.

2. 본 론

2.1 제안된 bridgeless 타입의 AC-DC LED드라이버

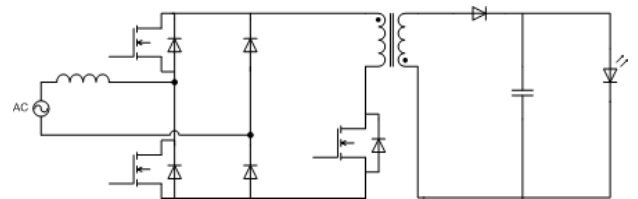


그림 1. 브릿지가 없는 AC-DC LED 드라이버
Fig. 1 Bridgeless AC-DC LED Driver

2.1.1 Totem-pole 정류회로

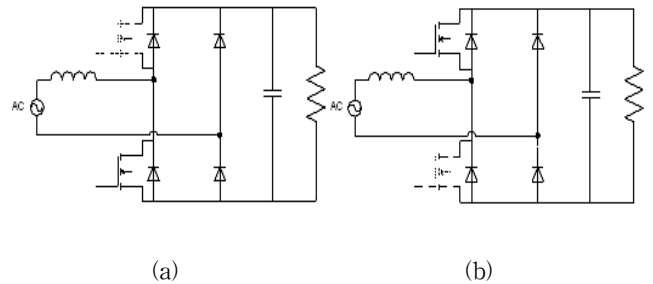


그림 2. Totem-pole 정류회로
(a)Positive 반주기의 동작회로(b)negative 반주기의 동작회로
Fig. 2 Bridgeless Totem-pole rectifier circuit
(a)Positive half cycle operation circuit
(b)Negative half cycle operation circuit

정류회로의 동작은 그림 2에서와 같이 입력전압의 Positive반주기의 동작회로(a)와 Negative반주기 동작회로(b)와 같고 회로동작은 서로 대칭적으로 동작을 한다. positive반주기 동안의 입력단의 인덕터와 자화 인덕터의 전류는 다음과 같은관계식을 갖는다.

$$i_{L_b}(t) = v_{in}(t)DT_s \quad (1)$$

$$i_{L_m}(t) = v_b(t)DT_s \quad (2)$$

인덕터의 흐르는 전류에 대한 도통모드는 연속도통모드, 경계도통모드, 불연속도통모드로 각각 동작될 수 있다.

2.1.2 플라이백 타입 DC-DC 컨버터

출력전류를 제어하기 위하여 DC DC컨버터의 회로로는 위에서 나타난 그림1에서와 같이 플라이백 컨버터로 구성하였다.

2.2 출력맥동전류 경계조건

우선 출력전류를 일정한 전류가 아닌 맥동전류를 사용하는 것은 출력커패시터를 줄이는데 용이한 운전방법이다. 그러나 이러한 맥동전류의 운전은 몇몇 성능에 영향을 미친다.

1) 최대전류의 제한, 2) 효율, 3) 신뢰성, 수명, 4) 최적의 성능(플리커 현상, 색도를 포함한 성능)

대표하는 LED 상품의 데이터 시트에 기준하여 최대전류와 평균전류의 비는 최소 1.42이고, 이 비율에 안정성 5% 가하게 되면 전류의 비는 1.35보다 낮으면 그 신뢰성을 인정할 수 있다.

2.3 출력맥동전류와 커패시터의 관계

출력맥동전류와 커패시터의 관계에 대한 관계식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_{in}(t) = \frac{1}{2} V_m I_m (1 - \cos 2\omega t) \quad (3)$$

$$P_{in}(t) = P_o(t) = P_o (1 - \cos 2\omega t) \quad (4)$$

여기서 P_o 는 평균출력전력을 의미하고 V_m, I_m 은 각각 입력 전압, 전류의 피크값이고 ω 는 각주파수를 의미한다.

LED의 출력전류가 일정하다고 할 때 전력차이는 출력커패시터에 의해 다뤄진다.

$$C_o = \frac{P_o}{\omega \cdot \Delta V_{c_ripple} \cdot V_{c_avg}} \quad (5)$$

2.4 구형파 운전 전류와 커패시터와의 관계

입력전력과 출력전력차이를 출력커패시터에서 감당하게 되는데 이 때의 커패시터에 전력변화량은 다음과 같이 표현할 수 있다.[3]

$$\Delta E = \int \frac{P_c(\omega t)}{\omega} d(\omega t) = \frac{B \cdot P_o}{\omega} \quad (6)$$

여기서 $B = [\sin(2\alpha) - \sin(2\beta)]/2 + k_p(\alpha - \beta)$ 이다.

$$\Delta E = \frac{1}{2} C_b (V_{c_max}^2 - V_{c_min}^2) \quad (7)$$

(6)식과 (7)식을 통해 다음과 같은 식을 도출할 수 있다.

$$C_o = \frac{B \cdot P_o}{\omega \cdot \Delta V_{c_ripple_s} \cdot V_{c_avg}} \quad (8)$$

3. 시뮬레이션 결과

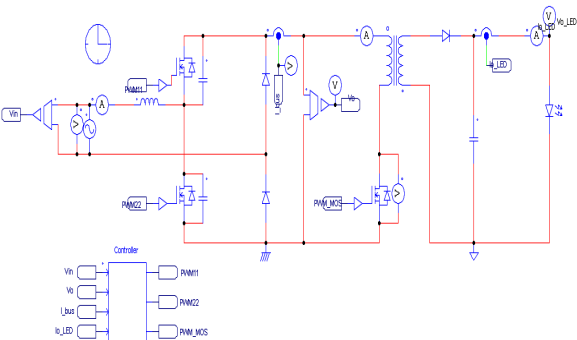


그림 2. 시뮬레이션 회로도
Fig. 2 Simulation circuit

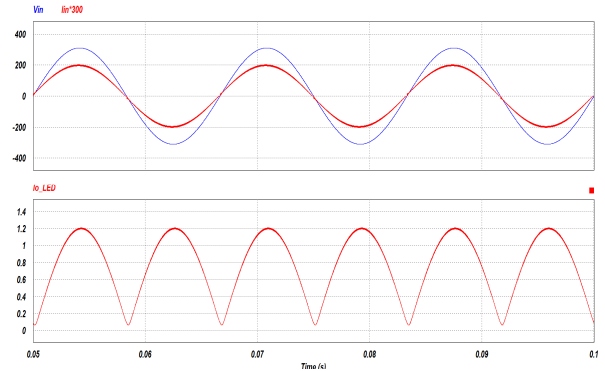


그림 3. 시뮬레이션 결과(일정 듀티 제어)
Fig. 3 Simulation result(Constant duty control)

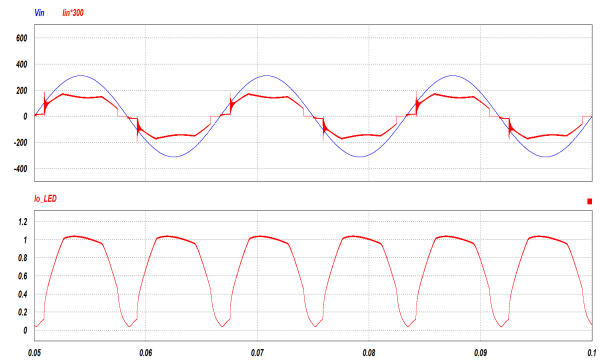


그림 4. 시뮬레이션 결과(구형파 전류제어)
Fig. 4 Simulation result(Squarewave current control)

3. 결론

맥동전류의 구형파제어방법을 가진 LED드라이버 토폴로지를 이 논문에서 나타냈다. 제안된 제어방법은 출력커패시터의 용량을 줄임으로써 전해커패시터를 필름커패시터로 대체하기 위한 방법으로 제안한 제어방법을 적용하였을 때 출력커패시터의 용량을 40배 줄여 모의실험을 진행하였다. 시뮬레이션에서 나타난 결과와 같이 일정듀티제어를 할 때와 비교하여 제안한 방법으로 제어한 경우 커패시터의 용량감소에도 출력전류의 리플의 감쇠 효과를 검증하였다. 입력 역률의 경우는 96%로 다소 낮아졌지만 IEC 61000 3 2의 국제규격을 충족시키는 결과를 나타내었다.

참고 문헌

- [1] Huang Jen Chiu, "A High Efficiency Dimmable LED Driver for Low Power Lighting Application", IEEE Trans. Power Electron., Vol. 57, No. 2, pp. 735-743, 2010, February.
- [2] Fanghua Zhang, "High Power Factor AC DC LED Driver with Film Capacitors", IEEE Trans. Power Electron., Vol. 28, No. 10, pp. 4831-4840, 2013, October.
- [3] Linlin Gu, "Means of Eliminating Electrolytic Capacitor in AC/DC Power Supplies for LED Lightings", IEEE Trans. Power Electron., Vol. 24, No. 5, pp. 1399-1408, 2009, May.